

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2003 年 9 月 25 日 (25.09.2003)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 03/079418 A1

(51) 国際特許分類⁷: H01L 21/027, G03F 7/22
(21) 国際出願番号: PCT/JP03/03003
(22) 国際出願日: 2003 年 3 月 13 日 (13.03.2003)
(25) 国際出願の言語: 日本語
(26) 国際公開の言語: 日本語
(30) 優先権データ:
特願2002-072640 2002 年 3 月 15 日 (15.03.2002) JP
特願2003-002285 2003 年 1 月 8 日 (08.01.2003) JP

(72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 小杉 潤一 (KO-SUGI, Junichi) [JP/JP]; 〒100-8331 東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP). 谷口 哲夫 (TANIGUCHI, Tetsuo) [JP/JP]; 〒100-8331 東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP). 小林 直行 (KOBAYASHI, Naoyuki) [JP/JP]; 〒100-8331 東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP). 長橋 良智 (NAGASHI, Yoshitomo) [JP/JP]; 〒100-8331 東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP).

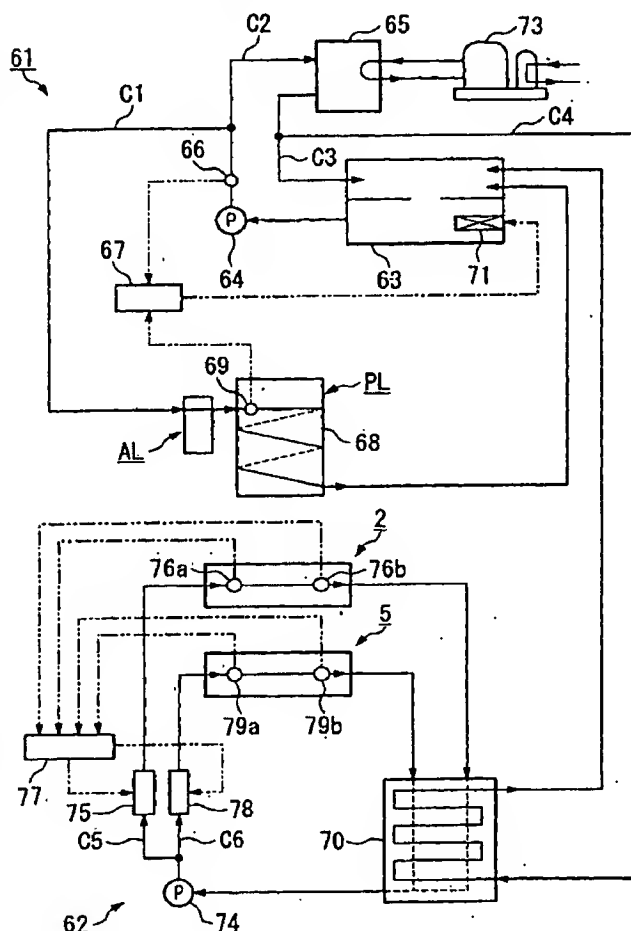
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社ニコン (NIKON CORPORATION) [JP/JP]; 〒100-8331 東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 志賀 正武, 外 (SHIGA, Masatake et al.); 〒169-8925 東京都新宿区高田馬場三丁目 2 番 3 号 O R ビル Tokyo (JP).

[続葉有]

(54) Title: ALIGNER AND DEVICE MANUFACTURING METHOD

(54) 発明の名称: 露光装置及びデバイス製造方法



(57) Abstract: The suppression of a fluctuation of a base line by a temperature control necessary for each constituent apparatus. An aligner has a first control system for setting the temperature of a first liquid, and for circulating the first liquid with a set temperature through at least one object of a projection optical system and a board stage to control the temperature of the object, and a second control for setting the temperature of a second liquid independently of setting by the first control system, and for circulating the second liquid with a set temperature through a reticle stage to control the temperature of the reticle stage. The first and second control systems have different set capabilities in the point of the size of a temperature range in setting a liquid temperature.

(57) 要約: 各構成機器に必要な温度制御を行い、ベースライン変動を抑制する。第1液体の温度を設定するとともに、温度設定した第1液体を投影光学系と基板ステージとの少なくとも一方の物体に対して循環させて、物体の温度を制御する第1制御系と、第2液体の温度を第1制御系とは独立に設定し、温度設定した第2液体をレチクルステージに対して循環させて、レチクルステージの温度を制御する第2制御系とを有する。液体の温度を設定する際の温度範囲の大きさの点において、第1、第2制御系は互いに異なる設定能力を持つ。

WO 03/079418 A1



(81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SI, SK, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

(84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明細書

露光装置及びデバイス製造方法

技術分野

本発明は、半導体素子や液晶表示素子等のデバイス製造工程において、マスクのパターン像をウエハ等の基板上に投影露光する露光装置および基板にデバイスパターンを転写するデバイス製造方法に関するものである。

本出願は、日本国特許出願 2002-72640 号及び 2003-2285 号を基礎としており、その内容を本明細書に組み込む。

背景技術

半導体デバイスまたは液晶表示デバイス等をフォトリソグラフィ工程で製造する際に、フォトマスク又はレチクル（以下「レチクル」と総称する）のパターン像を投影光学系を介して感光基板上の各ショット領域に投影する投影露光装置が使用されている。近年、この種の投影露光装置としては、感光基板を 2 次元的に移動自在なステージ上に載置し、このステージにより感光基板をステップ移動させて、レチクルのパターン像をウエハ等の感光基板上の各ショット領域に順次露光する動作を繰り返す、いわゆるステップ・アンド・リピート方式の露光装置、例えば縮小投影型の露光装置（ステッパー）が多用されている。また、近年では、ウエハの露光中に、レチクルとウエハとを同期移動させることにより、ウエハ上の各ショット領域を順次露光していく、いわゆるステップ・アンド・スキャン方式の露光装置も使用されている。

例えば半導体デバイスなどのマイクロデバイスは、感光基板として、感光材が塗布されたウエハ上に多数層の回路パターンを重ねて形成されるので、2 層目以降の回路パターンをウエハ上に投影露光する際には、ウエハ上の既に回路パターンが形成された各ショット領域とこれから露光するレチクルのパターン像との位

置合わせ、即ちウエハとレチクルとの位置合わせ（アライメント）を精確に行う必要がある。例えば、回路パターンが露光されるショット領域をマトリックス状に配置した一枚のウエハに対して、重ね合わせ露光を行う際にウエハをアライメントする方式としては、例えば特許文献1に開示されている、いわゆるエンハンスド・グローバル・アライメント（EGA）が主流となっている。

EGA方式とは、ウエハ（物体）上に形成された複数のショット領域のうち、少なくとも三つの領域（以下EGAショットと称する）を指定し、各ショット領域に付随したアライメントマーク（マーク）の座標位置をアライメントセンサにて計測する。その後、計測値と設計値とに基づいてウエハ上のショット領域の配列特性（位置情報）に関する誤差パラメータ（オフセット、スケール、回転、直交度）を最小二乗法等により統計演算処理して決定する。そして、この決定されたパラメータの値に基づいて、ウエハ上の全てのショット領域に対してその設計上の座標値を補正し、この補正された座標値に従ってウエハステージをステッピングさせてウエハを位置決めする方式である。この結果、レチクルパターンの投影像とウエハ上の複数のショット領域のそれぞれとが、ショット領域内に設定された加工点（座標値が計測、又は算出される基準点であり、例えばショット領域の中心）において正確に重ね合わされて露光されることになる。

従来、ウエハ上のアライメントマークを計測するアライメントセンサとしては、投影光学系近傍に配設されたオフアクシス方式のアライメント系を用いる方法が知られている。この方法は、オフアクシス方式のアライメント系を用いてアライメントマーク位置を計測した後、投影光学系とオフアクシスアライメント系との間の距離であるベースライン量に関する一定量だけウエハステージを送り込むだけで、直ちにレチクルのパターンをウエハ上のショット領域に正確に重ね合わせて露光することができるものである。このように、ベースライン量は、フォトリソグラフィ工程において極めて重要な操作量であるため、厳密に正確な計測値が要求されている。

ところが、上記のベースライン量は、各種処理に伴って発生する熱でアライメント系等に熱膨張や熱変形が生じることで、露光中に変動（ベースラインドリフト）する虞がある。この場合、ウエハの位置決め誤差が生じ、重ね合わせ精度

に悪影響を及ぼす可能性があるため、従来ではウエハを所定枚数露光する毎にベースラインチェックを実施することで、重ね合わせ精度が悪化してしまうことを防いでいた（特開昭61-44429号公報）。

しかしながら、上述したような従来の露光装置及びデバイス製造方法には、以下のような問題が存在する。

近年では、パターンの更なる微細化に伴って、ステップ・アンド・リピート方式からステップ・アンド・スキャン方式（以下、スキャン方式）の露光装置が主流と成りつつある。スキャン方式は、ウエハ及びレチクルの双方が露光中（パターン転写中）に走査するため、ウエハステージのみならずレチクルステージもモータ等の影響で熱を持ちやすくなり、ステージやその周辺部が徐々に変形を起こす。

ステージの位置は、干渉系を用いて計測されるが、ステージの変形により移動鏡とレチクル間の距離が変化するとベースラインが変動してしまい、重ね合わせ精度が悪化してしまう。また、ステージの発熱によりステージ周辺の雰囲気温度が上昇してしまい、干渉計光路の揺らぎなどの影響でステージの位置決め精度が悪化するという問題も生じる。

そこで、従来では温度調節器によって冷媒温度を制御しながら発熱部位に冷媒を送って（循環させて）冷却を行っている。ところが、 $1/10^{\circ}\text{C}$ 単位で激しく発熱するウエハステージやレチクルステージと、 $1/100^{\circ}\text{C}$ 単位で温度を制御しなければならない投影光学系やアライメント系とを一つの温度調節器で冷却を行う場合、投影光学系の温度を基準にして冷媒温度を制御すると、温度変化が大きいウエハステージやレチクルステージの冷却能力が充分でなくなり、逆にウエハステージやレチクルステージの温度を基準にして冷媒温度を制御すると、投影光学系やアライメント系に必要な精密（微細）な温度制御ができなくなる。特に、レチクルステージは、ウエハステージに対して投影倍率に応じた距離、速度で移動するため、発熱量が非常に大きく、投影光学系やアライメント系と同一の制御系で温度を管理することは困難である。このように、温度管理が充分にされないと、結果として、ベースライン変動が大きくなり重ね合わせ精度が悪化するという問題が生じてしまう。

発明の開示

本発明は、以上のような点を考慮してなされたもので、各構成機器に必要な温度制御が可能で、ベースライン変動を抑制できる露光装置及びデバイス製造方法を提供することを目的とする。

上記の目的を達成するために本発明は、実施の形態を示す図1ないし図10に対応付けした以下の構成を採用している。

本発明の露光装置は、レチクルステージ上に保持されたレチクルのパターン像を、基板ステージ上に保持された基板上に投影光学系を介して投影する露光装置であって、第1液体の温度を設定するとともに、温度設定した第1液体を投影光学系と基板ステージとの少なくとも一方の物体に対して循環させて、物体の温度を制御する第1制御系と、第2液体の温度を第1制御系とは独立に設定し、温度設定した第2液体をレチクルステージに対して循環させて、レチクルステージの温度を制御する第2制御系とを有し、液体の温度を設定する際の温度範囲の大きさの点において、第1、第2制御系は互いに異なる設定能力を持つことを特徴とするものである。

従って、本発明の露光装置では、第1制御系において第1液体を循環させることで投影光学系や基板ステージを例えば1/100℃単位で制御し、第2制御系において第2液体を循環させることでレチクルステージを例えば1/10℃単位でそれぞれ独立して制御することが可能になる。すなわち、投影光学系やレチクルステージに要求される温度範囲に応じて第1、第2制御系を個別に設定することで、各機器に求められる精度での温度制御が可能になり、温度変動に起因するベースライン変動を抑制することができる。

また、本発明の露光装置は、レチクルステージ上に保持されたレチクルのパターン像を、基板ステージ上に保持された基板上に投影光学系を介して投影する露光装置であって、投影光学系と基板ステージとのうちの少なくとも一方の物体に対して第1液体を循環させる際の第1循環条件を設定するとともに、第1循環条

件の下で第1液体を循環させて、物体の温度を制御する第1制御系と、レチクルステージに対して第2の液体を循環させる際の第2循環条件を、第1循環条件とは独立して設定するとともに、第2循環条件の下で第2の液体を循環させて、レチクルステージの温度を制御する第2制御系と、物体に循環させる前の第1液体の温度と、物体を循環させた後の第1液体の温度とをそれぞれ検出する第1検出手段と、レチクルステージに循環させる前の第2液体の温度と、レチクルステージを循環させた後の第2液体の温度とをそれぞれ検出する第2検出手段とを有し、第1制御系は、第1検出手段の検出結果に基づいて第1循環条件を設定し、第2制御系は、第2検出手段の検出結果に基づいて第2循環条件を設定することを特徴とするものである。

従って、本発明の露光装置では、第1循環条件で第1液体を循環させることで投影光学系や基板ステージを例えば1/100℃単位で制御し、第2制御系において第2液体を循環させることでレチクルステージを例えば1/10℃単位でそれぞれ独立して制御することが可能になる。すなわち、投影光学系やレチクルステージに要求される温度範囲に応じて第1、第2制御系を個別に設定することで、各機器に求められる精度での温度制御が可能になり、温度変動に起因するベースライン変動を抑制することができる。このとき、第1、第2循環条件は、各機器に循環させる前と後とで検出した第1、第2液体の温度に基づいて設定するので、各機器を循環することで生じた第1、第2液体の温度変化に基づいて高精度な温度制御を実施できる。

そして、本発明の露光装置は、レチクルステージ上に保持されたレチクルのパターン像を、基板ステージ上に保持された基板上に投影光学系を介して投影する露光装置であって、レチクルステージ及び基板ステージは、それぞれ複数の駆動源を備え、複数の駆動源及び投影光学系のうち、発熱量又は温度変化量が第1所定量以内のものを第1制御対象として温度制御する第1制御系と、複数の駆動源及び投影光学系のうち、発熱量又は温度変化量が第1所定量より大きいものを第2制御対象として、第1制御系とは独立して温度制御する第2制御系と、を有することを特徴とするものである。

従って、本発明の露光装置では、発熱量又は温度変化量が小さい基板ステージの駆動源や投影光学系を第1制御対象として第1制御系で制御し、発熱量又は温度変化量が比較的大きいレチクルステージの駆動源を第2制御対象として第2制御系でそれぞれ独立して制御することが可能になる。すなわち、投影光学系やステージの駆動源の発熱量又は温度変化量に応じて制御対象とすることで、各機器に求められる精度での温度制御が可能になり、温度変動に起因するベースライン変動を抑制することができる。

また、本発明のデバイス製造方法は、請求項1から26の何れか一項に記載の露光装置を用いて、レチクル上に形成されたパターンを基板上に転写する工程を含むことを特徴とするものである。

従って、本発明のデバイス製造方法では、必要な温度制御が実施された状態でパターンを基板上に転写することが可能になり、温度変動に起因するベースライン変動を抑制して重ね合わせ精度に優れたデバイスを得ることができる。

図面の簡単な説明

図1は本発明の露光装置の概略構成図である。

図2は同露光装置を構成するレチクルステージの外観斜視図である。

図3は同露光装置を構成するウェハステージの外観斜視図である。

図4は第1の実施形態において露光装置全体に係る温度制御系を示す図である。

図5はレチクルステージに係る温度制御系を示す図である。

図6はウェハステージに係る温度制御系を示す図である。

図7は半導体デバイスの製造工程の一例を示すフローチャート図である。

図8は第2の実施形態において露光装置全体に係る温度制御系を簡略的に示す図である。

図9は第3の実施形態において露光装置全体に係る温度制御系を簡略的に示す図である。

図10は第4の実施形態においてレチクルステージに係る温度制御系を簡略的

に示す図である。

図 1 1 A～C は本発明の変形例を示す図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の露光装置及びデバイス製造方法の第 1 の実施形態を、図 1 ないし図 7 を参照して説明する。ここでは、例えば露光装置として、露光中（パターン転写中）にレチクルとウエハとを同期移動しつつ、レチクルに形成された半導体デバイスの回路パターンをウエハ上に転写する、スキャニング・ステッパを使用する場合の例を用いて説明する。

図 1 に示す露光装置 1 は、光源（不図示）からの露光用照明光によりレチクル（マスク）R 上の矩形状（あるいは円弧状）の照明領域を均一な照度で照明する照明光学系 I U と、レチクル R を保持して移動するレチクルステージ（マスクステージ）2 および該レチクルステージ 2 を支持するレチクル定盤 3 を含むステージ装置 4 と、レチクル R から射出される照明光をウエハ（基板）W 上に投影する投影光学系 P L と、試料であるウエハ W を保持して移動するウエハステージ（基板ステージ）5 および該ウエハステージ 5 を保持するウエハ定盤 6 を含むステージ装置 7 と、上記ステージ装置 4 および投影光学系 P L を支持するリアクションフレーム 8 とから概略構成されている。なお、ここで投影光学系 P L の光軸方向を Z 方向とし、この Z 方向と直交する方向でレチクル R とウエハ W の同期移動方向を Y 方向とし、非同期移動方向を X 方向とする。また、それぞれの軸周りの回転方向を θZ 、 θY 、 θX とする。

照明光学系 I U は、リアクションフレーム 8 の上面に固定された支持コラム 9 によって支持される。なお、露光用照明光としては、例えば超高圧水銀ランプから射出される紫外域の輝線（g 線、i 線）および Kr F エキシマレーザ光（波長 248 nm）等の遠紫外光（DUV 光）や、Ar F エキシマレーザ光（波長 193 nm）および F₂ レーザ光（波長 157 nm）等の真空紫外光（VUV）などが用いられる。

リアクションフレーム 8 は、床面に水平に載置されたベースプレート 10 上に設置されており、その上部側および下部側には、内側に向けて突出する段部 8 a および 8 b がそれぞれ形成されている。

ステージ装置 4 の中、レチクル定盤 3 は、各コーナーにおいてリアクションフレーム 8 の段部 8 a に防振ユニット 11 を介してほぼ水平に支持されており（なお、紙面奥側の防振ユニットについては図示せず）、その中央部にはレチクル R に形成されたパターン像が通過する開口 3 a が形成されている。なお、レチクル定盤 3 の材料として金属やセラミックスを用いることができる。防振ユニット 11 は、内圧が調整可能なエアマウント 12 とボイスコイルモータ 13 とが段部 8 a 上に直列に配置された構成になっている。これら防振ユニット 11 によって、ベースプレート 10 およびリアクションフレーム 8 を介してレチクル定盤 3 に伝わる微振動がマイクロ G レベルで絶縁されるようになっている（G は重力加速度）。

レチクル定盤 3 上には、レチクルステージ 2 が該レチクル定盤 3 に沿って 2 次元的に移動可能に支持されている。レチクルステージ 2 の底面には、複数のエアベアリング（エアパッド）14 が固定されており、これらのエアベアリング 14 によってレチクルステージ 2 がレチクル定盤 3 上に数ミクロン程度のクリアランスを介して浮上支持されている。また、レチクルステージ 2 の中央部には、レチクル定盤 3 の開口 3 a と連通し、レチクル R のパターン像が通過する開口 2 a が形成されている。

レチクルステージ 2 について詳述すると、図 2 に示すように、レチクルステージ 2 は、レチクル定盤 3 上を一对の Y リニアモータ（駆動源）15、15 によって Y 軸方向に所定ストロークで駆動されるレチクル粗動ステージ 16 と、このレチクル粗動ステージ 16 上を一对の X ボイスコイルモータ（駆動源）17 X と一对の Y ボイスコイルモータ（駆動源）17 Y とによって X、Y、 θ Z 方向に微小駆動されるレチクル微動ステージ 18 とを備えた構成になっている（なお、図 1 では、これらを 1 つのステージとして図示している）。

各 Y リニアモータ 15 は、レチクル定盤 3 上に非接触ベアリングである複数の

エアベアリング（エアパッド）19によって浮上支持されY軸方向に延びる固定子20と、この固定子20に対応して設けられ、連結部材22を介してレチクル粗動ステージ16に固定された可動子21とから構成されている。このため、運動量保存の法則により、レチクル粗動ステージ16の+Y方向の移動に応じて、固定子20はカウンタマスとして-Y方向に移動する。この固定子20の移動によりレチクル粗動ステージ16の移動に伴う反力を相殺するとともに、重心位置の変化を防ぐことができる。なお、Yリニアモータ15における移動子21と固定子20とはカップリングされているため、これらが相対移動した際には、元の位置に止まろうとする力が作用する。そのため、本実施の形態では、固定子20が所定の位置に到達するようにその移動量を補正するトリムモータ72（駆動源；図2では図示せず、図5参照）が設けられている。

レチクル粗動ステージ16は、レチクル定盤3の中央部に形成された上部突出部3bの上面に固定されY軸方向に延びる一対のYガイド51、51によってY軸方向に案内されるようになっている。また、レチクル粗動ステージ16は、これらYガイド51、51に対して不図示のエアベアリングによって非接触で支持されている。

レチクル微動ステージ18には、不図示のバキュームチャックを介してレチクルRが吸着保持されるようになっている。レチクル微動ステージ18の-Y方向の端部には、コーナキューブからなる一対のY移動鏡52a、52bが固定され、また、レチクル微動ステージ18の+X方向の端部には、Y軸方向に延びる平面ミラーからなるX移動鏡53が固定されている。そして、これら移動鏡52a、52b、53に対して測長ビームを照射する3つのレーザ干渉計（いずれも不図示）が各移動鏡との距離を計測することにより、レチクルステージ2のX、Y、 θZ （Z軸回りの回転）方向の位置が高精度に計測される。

図1に戻り、投影光学系PLとして、ここでは物体面（レチクルR）側と像面（ウエハW）側の両方がテレセントリックで円形の投影視野を有し、石英や蛍石を光学硝材とした屈折光学素子（レンズ素子）からなる1/4（または1/5）縮小倍率の屈折光学系が使用されている。このため、レチクルRに照明光が照射

されると、レチクルR上の回路パターンのうち、照明光で照明された部分からの結像光束が投影光学系PLに入射し、その回路パターンの部分倒立像が投影光学系PLの像面側の円形視野の中央にスリット状に制限されて結像される。これにより、投影された回路パターンの部分倒立像は、投影光学系PLの結像面に配置されたウエハW上の複数のショット領域のうち、1つのショット領域表面のレジスト層に縮小転写される。投影光学系PLの鏡筒部の外周には、該鏡筒部に一体化されたフランジ23が設けられている。そして、投影光学系PLは、リアクションフレーム8の段部8bに防振ユニット24を介してほぼ水平に支持された鋳物等で構成された鏡筒定盤25に、光軸方向をZ方向として上方から挿入されるとともに、フランジ23に係合している。

防振ユニット24は、鏡筒定盤25の各コーナーに配置され（なお、紙面奥側の防振ユニットについては図示せず）、内圧が調整可能なエアマウント26とボイスコイルモータ27とが段部8b上に直列に配置された構成になっている。これら防振ユニット24によって、ベースプレート10およびリアクションフレーム8を介して鏡筒定盤25（ひいては投影光学系PL）に伝わる微振動がマイクロGレベルで絶縁されるようになっている。

ステージ装置7は、ウエハステージ5、このウエハステージ5をXY平面に沿った2次元方向に移動可能に支持するウエハ定盤6、ウエハステージ5と一体的に設けられウエハWを吸着保持する試料台ST、これらウエハステージ5および試料台STを相対移動自在に支持するXガイドバーXGを主体に構成されている。ウエハステージ5の底面には、非接触ベアリングである複数のエアベアリング（エアパッド）28が固定されており、これらのエアベアリング28によってウエハステージ5がウエハ定盤6上に、例えば数ミクロン程度のクリアランスを介して浮上支持されている。

ウエハ定盤6は、ベースプレート10の上方に、防振ユニット29を介してほぼ水平に支持されている。防振ユニット29は、ウエハ定盤6の各コーナーに配置され（なお、紙面奥側の防振ユニットについては図示せず）、内圧が調整可能なエアマウント30とボイスコイルモータ31とがベースプレート10上に並列

に配置された構成になっている。これら防振ユニット 29 によって、ベースプレート 10 を介してウエハ定盤 6 に伝わる微振動がマイクロ G レベルで絶縁されるようになっている。

図 3 に示すように、X ガイドバー XG は、X 方向に沿った長尺形状を呈しており、その長さ方向両端には電機子ユニットからなる可動子 36、36 がそれぞれ設けられている。これらの可動子 36、36 に対応する磁石ユニットを有する固定子 37、37 は、ベースプレート 10 に突設された支持部 32、32 に設けられている（図 1 参照、なお図 1 では可動子 36 および固定子 37 を簡略して図示している）。そして、これら可動子 36 および固定子 37 によってムービングコイル型のリニアモータ（駆動源）33、33 が構成されており、可動子 36 が固定子 37 との間の電磁氣的相互作用により駆動されることで、X ガイドバー XG は Y 方向に移動するとともに、リニアモータ 33、33 の駆動を調整することで θZ 方向に回転移動する。すなわち、このリニアモータ 33 によって X ガイドバー XG とほぼ一体的にウエハステージ 5（および試料台 ST、以下単に試料台 ST と称する）が Y 方向および θZ 方向に駆動されるようになっている。

また、X ガイドバー XG の -X 方向側には、X トリムモータ 34 の可動子を取り付けられている。X トリムモータ 34 は、X 方向に推力を発生することで X ガイドバー XG の X 方向の位置を調整するものであって、その固定子（不図示）はリアクションフレーム 8 に設けられている。このため、ウエハステージ 5 を X 方向に駆動する際の反力は、リアクションフレーム 8 を介してベースプレート 10 に伝達される。

試料台 ST は、X ガイドバー XG との間に Z 方向に所定量のギャップを維持する磁石およびアクチュエータからなる磁気ガイドを介して、X ガイドバー XG に X 方向に相対移動自在に非接触で支持・保持されている。また、ウエハステージ 5 は、X ガイドバー XG に埋設された固定子を有する X リニアモータ（駆動源）35 による電磁氣的相互作用により X 方向に駆動される。なお、X リニアモータの可動子は図示していないが、ウエハステージ 5 に取り付けられている。試料台 ST の上面には、ウエハホルダ 41 を介してウエハ W が真空吸着等によって固定

される（図 1 参照、図 3 では図示略）。

ウェハステージ 5 の X 方向の位置は、投影光学系 P L の鏡筒下端に固定された参照鏡 4 2 を基準として、ウェハステージ 5 の一部に固定された移動鏡 4 3 の位置変化を計測するレーザ干渉計 4 4 によって所定の分解能、例えば 0.5 ~ 1 nm 程度の分解能でリアルタイムに計測される。なお、上記参照鏡 4 2、移動鏡 4 3、レーザ干渉計 4 4 とほぼ直交するように配置された不図示の参照鏡、レーザ干渉計および移動鏡によってウェハステージ 5 の Y 方向の位置が計測される。なお、これらレーザ干渉計の中、少なくとも一方は、測長軸を 2 軸以上有する多軸干渉計であり、これらレーザ干渉計の計測値に基づいてウェハステージ 5（ひいてはウェハ W）の X Y 位置のみならず、 θ 回転量あるいはこれらに加え、レベリング量をも求めることができるようになっている。

さらに、投影光学系 P L のフランジ 2 3 には、異なる 3 カ所に 3 つのレーザ干渉計 4 5 が固定されている（ただし、図 1 においてはこれらのレーザ干渉計のうち 1 つが代表的に示されている）。各レーザ干渉計 4 5 に対向する鏡筒定盤 2 5 の部分には、開口 2 5 a がそれぞれ形成されており、これらの開口 2 5 a を介して各レーザ干渉計 4 5 から Z 方向のレーザビーム（測長ビーム）がウェハ定盤 6 に向けて照射される。ウェハ定盤 6 の上面の各測長ビームの対向位置には、反射面がそれぞれ形成されている。このため、上記 3 つのレーザ干渉計 4 5 によってウェハ定盤 6 の異なる 3 点の Z 位置がフランジ 2 3 を基準としてそれぞれ計測される。

次に、露光装置 1 における温度制御系を図 4 乃至図 6 を用いて説明する。

図 4 に露光装置全体に係る温度制御系を示し、図 5 にレチクルステージ 2 に係る温度制御系を示し、図 6 にウェハステージ 5 に係る温度制御系を示す。なお、温度調節用の媒体（冷媒）としては、H F E（ハイドロ・フルオロ・エーテル）やフロリナートを用いることが可能だが、本実施の形態では地球温暖化係数が低く、オゾン破壊係数がゼロであるため、地球環境保護の観点から H F E を用いている。

この温度制御系は、第 1 液体としての冷媒を用いて投影光学系 P L 及びアライ

メント系ALを第1温度制御対象として温度制御・管理する第1制御系61と、第2液体としての冷媒を用いてレチクルステージ2及びウエハステージ5を第2制御対象として、第1制御系61とは独立して温度制御・管理する第2制御系62とに大別される。なお、この温度制御系では、発熱量（温度変化量）が所定量（第1所定量）以内である投影光学系PL及びアライメント系ALを第1温度制御対象とし、発熱量が前記所定量より大きいレチクルステージ2及びウエハステージ5を第2温度制御対象としている。

第1制御系61において温度調節が施されたタンク63内の冷媒は、ポンプ64を経た後にアライメント系AL及び投影光学系PLを順次循環する循環系C1と、蒸発器65で冷却される冷却系C2とに分岐される。ポンプ64から吐出された直後の冷媒温度はセンサ66で検出されコントローラ67に出力される。

循環系C1に関して、投影光学系PLは、鏡筒68の周りを螺旋状に配管されることで冷媒による温度調節範囲が広く設定されている。本実施形態では、図4において、冷媒が鏡筒68の周りを螺旋状に配された配管を介して上から下へ循環されるように構成したが、これに限らず下から上へ螺旋状に冷媒を循環させるように構成してもよい。また、この循環系C1では、投影光学系PLを循環する前の冷媒温度を検出するセンサ69が設けられており、その検出結果はコントローラ67に出力される。なお、本実施の形態では、上述の如く鏡筒68の周りをほぼ全面に亘って螺旋状に配管を配することで投影光学系PLの温調を行っているが、本発明はこれに限らず、投影光学系PLを保持する部材（フランジ23）の部分に配管を配して温調を行う、いわゆるフランジ温調方式採用するようにしてもよい。

オフアクシス系のアライメント系ALとしては、He-Ne等のレーザ光をウエハW上のドット列状のアライメントマークに照射し、そのマークにより回折または散乱された光を用いてマーク位置を検出するLSA（Laser Step Alignment）方式や、ハロゲンランプ等を光源とする波長帯域幅の広い光で照明し、CCDカメラなどで撮像したアライメントマークの画像データを画像処理してマーク位置を計測するFIA（Field Image Alignment）方式、ウエハW上の

回折格子状のアライメントマークにピッチ方向に対照的に傾斜した２つのコヒーレントビーム（半導体レーザ等）を照射し、発生した２つの回折光を干渉させ、その位相からアライメントマークの位置を計測するＬＩＡ（Laser Interferometric Alignment）方式等を採用可能であるが、ここではＬＳＡ方式を用いており、循環系Ｃ１ではアライメント系ＡＬの中、アライメント光源に対して冷媒を循環させて温度調節を行っている。循環方式としては、例えば投影光学系ＰＬと同様に、光源を収納する筐体に螺旋状に配管することが可能である。

なお、アライメント系ＡＬにおいて、アライメント光源のみならず、アライメント用光学系を収納する筐体に対しても冷媒を循環させて温度調節を実施する構成としてもよい。また、オフアクシス系ではなく、投影光学系ＰＬを介してウェハＷ上のマークを検出するＴＴＲ（Through The Reticle）方式やＴＴＬ（Through The Lens）方式においても同様に、アライメント光源や筐体に対して冷媒を循環させて温度調節を行うことができる。

循環系Ｃ１でアライメント系ＡＬ及び投影光学系ＰＬを循環した冷媒は、上下２段に連通して仕切られたタンク６３の上側チャンバに還流する。

一方、冷却系Ｃ２の冷媒は、蒸発器６５で冷却された後にタンク６３の上側チャンバに還流する経路Ｃ３と、熱交換器７０に向かう経路Ｃ４とに分岐される。なお、蒸発器６５は、気体冷媒を循環させる冷凍機７３により冷却されている。冷却された冷媒は、経路Ｃ４で熱交換器７０で熱交換に使用された後に、タンク６３の上側チャンバに還流し改めて冷却される。

タンク６３の下側チャンバにはコントローラ６７に制御されたヒータ７１が配設されており、コントローラ６７は、センサ６６、６９の検出結果に基づいてヒータ７１の駆動を制御することで、冷媒を介してアライメント系ＡＬ及び投影光学系ＰＬの温度を、例えば $23^{\circ}\text{C} \pm 0.01^{\circ}\text{C}$ に制御（管理）する。なお、第１制御系６１は、上記ヒータ７１で温調された冷媒を各温度制御対象に対して同じ流量ずつ循環させるようになっている。

第２制御系６２では、熱交換器７０で冷却された第２液体としての冷媒は、ポンプ７４を経た後に、レチクルステージ２を循環する循環系Ｃ５と、ウェハステ

ージ5を循環する循環系C6とに分岐される。なお、第2制御系62における冷媒は、タンク63に還流せずに閉じた系で循環する構成になっている。

循環系C5には、ポンプ74の下流に位置してヒータ75が設けられるとともに、レチクルステージ2に循環させる前の冷媒温度及びレチクルステージ2を循環させた後の冷媒温度をそれぞれ検出するセンサ（第2検出手段）76a、76bが設けられており、センサ76a、76bの検出結果はコントローラ77に出力される。コントローラ77は、入力したセンサ76a、76bの検出結果を単純平均し、得られた冷媒温度に基づいてヒータ75の駆動を制御することで、レチクルステージ2の温度を例えば $23^{\circ}\text{C} \pm 0.1^{\circ}\text{C}$ に制御（管理）する。

なお、本実施形態では、熱交換器70で冷却した冷媒をポンプ74へ循環させるに構成したが、熱交換器70の圧力損失が大きい場合には、ポンプ74を熱交換器70よりも上流に配置し、そして循環系C5、C6への戻り冷媒（各ステージ2、5を循環した後の冷媒）の合流地点をそのポンプ74よりも上流の位置とするように構成すればよい。

上記温度センサ76a、76bの配置位置としては、何れのセンサにおいても、出来る限り温度制御対象（レチクルステージ2、更に正確に言えば後述するレチクルステージ2を駆動するモータ）のなるべく近くに配置することが望ましい。しかしながら配置上の制約あるいはモータの磁力の影響などで温度制御対象の間近におけない場合には、外部からの熱の影響を受けない範囲内（場所）であれば、温度制御対象からある程度離れた位置に設けておくことも可能である。

また各センサと温度制御対象との間の配置間隔としては、両センサ間でほぼ同程度の配置間隔とする（センサ76aとレチクルステージ2との間隔、センサ77bとレチクルステージとの間隔をほぼ同一間隔とする）ことが望ましいが、上述した範囲内（外部からの熱の影響を受けない範囲内）であれば各センサの配置はこれに限られるものではない。

以下、レチクルステージ2に対する温度制御系についてさらに詳述する。

図5に示すように、循環系C5は、Yリニアモータ15の可動子21、21をそれぞれ循環して温度制御する循環系C7、C7と、トリムモータ72、72を

それぞれ循環して温度制御する循環系 C 8、C 8 と、Yボイスコイルモータ 1 7 Yを循環して温度制御する循環系 C 9 と、Xボイスコイルモータ 1 7 Xを循環して温度制御する循環系 C 1 0 との複数の分岐流路に分岐される。

各循環系 C 7 ~ C 1 0 には、各モータの上流に位置して冷媒の流量を調節するバルブ（調節手段） 8 0 がそれぞれ設けられている。また、循環系 C 7 の一方には、可動子 2 1 の近傍に設けられ、可動子 2 1 に循環させる前の冷媒温度を検出する温度センサ（第 1 温度検出手段） 7 6 a と、可動子 2 1 を循環させた後の冷媒温度を検出する温度センサ（第 2 温度検出手段） 7 6 b が設けられている。

循環系 C 6 には、ポンプ 7 4 の下流に位置してヒータ 7 8 が設けられるとともに、ウエハステージ 5 に循環させる前の冷媒温度及びウエハステージ 5 を循環させた後の冷媒温度をそれぞれ検出する温度センサ（第 1 検出手段） 7 9 a、7 9 b が設けられており、温度センサ 7 9 a、7 9 b の検出結果はコントローラ 7 7 に出力される。コントローラ 7 7 は、入力した温度センサ 7 9 a、7 9 b の検出結果を平均し、得られた冷媒温度に基づいてヒータ 7 8 の駆動を制御することで、ウエハステージ 5 の温度を例えば $23^{\circ}\text{C} \pm 0.1^{\circ}\text{C}$ に制御（管理）する。循環系 C 5、C 6 においてステージ 2、5 を循環した冷媒は、熱交換器 7 0 で冷却された後に合流する。

上記温度センサ 7 9 a、7 9 b の配置位置としては、上述したセンサ 7 6 a、7 6 b の場合と同様に、何れのセンサにおいても、出来る限り温度制御対象（ウエハステージ 5、更に正確に言えば後述するウエハステージ 5 を駆動するモータ）のなるべく近くに配置することが望ましい。しかしながら配置上の制約あるいはモータの磁力の影響などで温度制御対象の間近におけない場合には、外部からの熱の影響を受けない範囲内（場所）であれば、温度制御対象からある程度離れた位置に設けておくことも可能である。

センサ 7 9 a、7 9 b の配置位置については、センサ 7 6 a、7 6 b の配置に関して既述したことと同等のことが言えるので、ここでの記載は省略する。

続いて、ウエハステージ 5 に対する温度制御系について詳述する。

図 6 に示すように、循環系 C 6 は、リニアモータ 3 3 の可動子 3 6、3 6 をそ

れぞれ循環して温度制御する循環系 C 1 1、C 1 1 と、X リニアモータ 3 5 を循環して温度制御する循環系 C 1 2 とに分岐される。各循環系 C 1 1 ~ C 1 2 には、各モータの上流に位置して冷媒の流量を調節するバルブ 8 4 がそれぞれ設けられている。また、循環系 C 1 1 の一方には、可動子 3 6 に循環させる前の冷媒温度及び可動子 3 6 を循環させた後の冷媒温度をそれぞれ検出するための、上述したセンサ 7 9 a、7 9 b が設けられている。

なお、ウエハステージ 5（試料台 S T）のレベリング調整（及びフォーカス調整）を実施するための 3 つのボイスコイルモータ 8 1 ~ 8 3 に対しても、循環系 C 1 3 ~ C 1 5 が配管され、各循環系には、モータの上流に位置して冷媒の流量を調節するバルブ 8 5 がそれぞれ設けられるが、ボイスコイルモータ 8 1 ~ 8 3 の駆動頻度がリニアモータ 3 3、3 5 に比較して少なく、また駆動時の発熱量も小さいことから、これら循環系 C 1 3 ~ C 1 5 は第 1 制御系 6 1 の循環系 C 1 を分岐した冷媒にて温度制御される。このボイスコイルモータ 8 1 ~ 8 3 に限らず、駆動時の発熱量の小さいモータ（例えば上述のトリムモータ 7 2 や X ボイスコイルモータ 1 7 X など）の温度管理を行う循環系は、第 1 制御系 6 1 の循環系 C 1 を分岐した冷媒にて温度制御を行うようにしてもよい。

なお、上記温度センサ 6 6、6 9、7 6 a、7 6 b、7 9 a、7 9 b としては、本実施形態では $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ を検出できる精度のものを使用しているが、第 2 制御系 6 2 では、レチクルステージ 2 及びウエハステージ 5 に必要とされる温度制御精度が $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ なので、温度センサ 7 6 a、7 6 b、7 9 a、7 9 b に関してはこの精度に応じた検出能力をもつ温度センサを使用することも可能である。また、温度センサによる温度計測サンプリング間隔に関しても、例えば、制御精度が厳しい場合や温度変化量が大きい場合にはサンプリング間隔を短くする等、要求される温度制御精度や、制御対象となる投影光学系 P L、ステージ 2、5 の温度変化量（発熱量）に応じて変更することも好ましい。

また、各温度センサの配置としては、本実施形態では、直接冷媒温度を計測できるように流路（配管）の内部に設置しているが、その他にも、温度センサの検知部が管の壁面から離間した位置（管の断面の中央付近に検知部が中吊りされた

状態)に配置する構成とすることができる。この場合、センサの検知部が管壁に非接触となるので、管壁面を介して外部環境の悪影響を受けづらくなる。また、温度センサは交換可能とする構成としてもよい。この場合、管に挿入口を設け、この挿入口を介して着脱可能とする構成や、溶接等により温度センサを管に固定しておき、温度センサを含む管の一部を交換可能とする構成を採用可能である。さらに、管の外表面に温度センサを設置して、管を介して冷媒温度を計測する構成とすることも可能である。

上記の構成の露光装置1では、露光時に照明光学系IUからの露光用照明光により、レチクルR上の所定の矩形状の照明領域が均一な照度で照明される。この照明領域に対してレチクルRがY方向に走査されるのに同期して、この照明領域と投影光学系PLに関して共役な露光領域に対してウエハWを走査する。これにより、レチクルRのパターン領域を透過した照明光が投影光学系PLにより1/4倍に縮小され、レジストが塗布されたウエハW上に照射される。そして、ウエハW上の露光領域には、レチクルRのパターンが逐次転写され、1回の走査でレチクルR上のパターン領域の全面がウエハW上のショット領域に転写される。

レチクル粗動ステージ16が、例えば+Y方向に移動した場合には固定子20が-Y方向に移動することで、運動量が保存され、レチクル粗動ステージ16の移動に伴う反力を相殺するとともに、重心位置の変化を防ぐことができる。また、このときトリムモータ72が作動することで、移動子21と固定子20とのカップリングに抗して、固定子20を所定の位置に到達させることができる。

これらの一連の露光処理に関しては、照明光により投影光学系PLに熱が生じ(照明光照射による投影光学系PLでの熱吸収)、アライメント光によりアライメント系ALに熱が生じる(アライメント光照射によるアライメント光学系での熱吸収)とともに、ステージ2、5の駆動に伴い各モータから熱が生じる。第1制御系61については、コントローラ67が温度センサ66、69の検出結果に基づいて、冷媒を循環させる際の条件(第1循環条件)を設定し、ヒータ71の駆動を制御することで、投影光学系PL及びアライメント系ALを $\pm 0.01^{\circ}\text{C}$ の範囲で温度制御する。また、第2制御系62については、コントローラ77が

温度センサ 76 a、76 b、79 a、79 b の検出結果に基づいて、冷媒を循環させる際の条件（第 2 循環条件）を設定し、ヒータ 75、78 の駆動を制御することで、レチクルステージ 2 及びウエハステージ 5 を $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ の範囲でそれぞれ温度制御する。

これを詳述すると、まずレチクルステージ 2 については、コントローラ 77 は、温度センサ 76 a、76 b が検出した冷媒温度を単純平均し、得られた冷媒温度に基づいて第 1 温度管理部としてヒータ 75 の駆動を調節、管理する。ここで、温度センサ 76 a、76 b は最も駆動量が多く、発熱量が最も大きい Y リニアモータ 15 の可動子 21 を循環する循環系 C7 に設けられており、他の循環系 C8 ~ C10 については循環系 C7 を基準にして温度制御される。そのため、本実施の形態では、プロセスと最適な冷媒流量との相関関係を実験やシミュレーション等により予め求めて記憶しておき、その記憶された情報に基づいて、プロセス毎に各循環系 C7 ~ C10 のバルブ 80 を調整する。

ここで、プロセスにより考慮すべき発熱要因としては、各モータ 15、17 X、17 Y、72 における種々の駆動状態、すなわち各モータの駆動量や速度、回転数、さらには他のモータと組み合わせられて駆動した場合の状態等が挙げられる。従って、プロセスにおける発熱量（あるいは駆動量）が小さいボイスコイルモータ 17 X、17 Y に対しては冷媒流量を少なくし、発熱量（あるいは駆動量）が大きい Y リニアモータ 15 やトリムモータ 72 に対しては冷媒流量を多くするようにバルブ 80 を調整することで、各モータの出力（発熱）に応じた適正な温度制御が可能になる。なお、バルブ 80 の調整方法としては、記憶された情報に基づいてプロセス毎に作業者が調整する方法や、バルブ 80 の駆動機構を設けておき、記憶された情報に基づいてプロセス毎にコントローラ 77 がこの駆動機構を調整する方法等が採用可能である。なお、このプロセス毎に調整する対象としては、流量に限られるものではなく、冷媒の温度（ヒータにより設定する温度）もプロセス毎に設定値を変えるようにしてもよい。

同様に、ウエハステージ 5 については、コントローラ 77 は、温度センサ 79 a、79 b が検出した冷媒温度を単純平均し、得られた冷媒温度に基づいて第 2

温度管理部としてヒータ 7 8 の駆動を調節、管理する。ここで、温度センサ 7 9 a、7 9 b は最も駆動量が多く、発熱量が大きいリニアモータ 3 3 の可動子 3 6 を循環する循環系 C 1 1 に設けられており、他の循環系 C 1 2 については循環系 C 1 1 を基準にして温度制御される。そのため、本実施の形態では、プロセスと最適な冷媒流量との相関関係を実験やシミュレーション等により予め求めて記憶しておき、その記憶された情報に基づいて、プロセス毎に各循環系 C 1 1、C 1 2 のバルブ 8 5 を調整する。バルブ 8 5 の調整方法としては、レチクルステージ 2 の場合と同様に、手動や自動による方法を採用できる。

なお、ウエハステージ 5 に設けられたボイスコイルモータ 8 1～8 3 の温度は、発熱量が微小なので第 1 制御系 6 1 の循環系 C 1 3～C 1 5 で制御されるが、この場合も、プロセスと最適な冷媒流量との相関関係を実験やシミュレーション等により予め求めて記憶しておき、その記憶された情報に基づいて、プロセス毎に各循環系 C 1 3～C 1 5 のバルブ 8 5 を作業者による手動調整またはコントローラ 6 7 による自動調整で流量調整する。

このように本実施の形態では、第 1 制御系 6 1 と第 2 制御系 6 2 とが冷媒温度を設定する際の温度範囲において異なる設定能力を有しているので、要求される温度制御精度が異なる投影光学系 P L とステージ 2、5 に対しても、それぞれ独立して温度を制御・管理することが可能であり各機器の発熱量に応じた最適な冷却条件を設定できる。そのため、十分に温度制御がされない場合に生じるベースライン変動を抑制して重ね合わせ精度の悪化を抑えることが可能になる。

また、本実施の形態では、レチクルステージ 2 及びウエハステージ 5 において、全てのモータにではなく、最も発熱量の大きいモータに対して冷媒温度を計測し、その冷媒温度を基準にして、他のモータに対する循環系の温度を制御しているので、各モータ毎に温度センサを設ける必要がなくなり、装置の小型化、低価格化を実現することができる。

ところで、レチクルステージ 2 及びウエハステージ 5 にそれぞれ設けられた上述の各モータを流れる冷媒は、同一の第 2 制御系 6 2 で温度制御・管理されているため、各モータに対する冷媒の入口側温度（各モータを循環する前の冷媒温

度)はモータによらずに同一温度となるが、各モータに対する冷媒の出口側温度(各モータを流れた後の冷媒温度)はモータ個々の発熱の度合いに応じてモータ毎に異なるものとなる。このため、各モータを循環する冷媒の平均温度(モータの入口側と出口側における冷媒の平均温度)を、どのモータに対しても一定の所望値とするためには、各モータの出口側での冷媒温度をどのモータに対しても一定の値となるように制御する必要がある。そこで、より高精度な温度制御を行うために、各モータの少なくとも出口側における冷媒温度を測定する温度センサ(出口側温度センサ)を設けておき(入口側の温度を測定する温度センサは、代表的に発熱量の最も大きなモータに対してのみ1つだけ設けておく)、各モータにおける冷媒の出口温度が一定値となるように、各モータに循環させる冷媒の流量を、個々のモータ毎に対応するバルブで調整するように構成してもよい。この流量設定の際には、予めなるべく厳しい露光条件(例えば露光ショット数が多く、ステージの動きが多くなる条件)においてステージを駆動(ランニング)させた時の状態下で、あるいは、使用される典型的な露光条件(ステージ駆動状態)においてステージを駆動させた時の状態下で、上述の出口温度が一定値となるように、各モータを循環させる冷媒の流量を設定するようにすることが望ましい。

なお、スペースや価格的に許されるのであれば、モータの入口側の冷媒温度を測定する温度センサも各モータ毎に設置するようにしてもよい。

なお、半導体デバイス等のマイクロデバイスは、図7に示すように、マイクロデバイスの機能・性能設計を行うステップ201、この設計ステップに基づいたレチクルRを製作するステップ202、シリコン材料からウエハWを製造するステップ203、前述した実施形態の投影露光装置1によりレチクルRのパターンをウエハWに投影露光し、そのウエハWを現像する露光処理ステップ204、デバイス組み立てステップ(ダイシング工程、ボンディング工程、パッケージ工程を含む)205、検査ステップ206等を経て製造される。

また、上記実施の形態では、プロセスと最適な冷媒流量との相関関係を予め求めて記憶しておき、その記憶された情報に基づいて、プロセス毎に各循環系のバルブを調整する構成としたが、この方法以外にも、例えば複数のモータ毎に温度

センサを設けるとともに、複数のモータ間における発熱量の比を算出する算出手段を設け、検出された冷媒温度に基づき算出された発熱量の比に応じてモータを循環させる冷媒の流量を調節することも可能である。

図 8 は、本発明の露光装置の第 2 の実施形態を示す図である。この図において、図 1 乃至図 7 に示す第 1 の実施形態の構成要素と同一の要素については同一符号を付し、その説明及び図示を簡略化する。

この図に示すように、本実施形態では、第 1 制御系 6 1 による循環系 C 1 が投影光学系とアライメント系（及び既述したウエハステージ 5 のレベリング調整系）とを温度制御対象とし、第 2 制御系 6 2 による循環系 C 5 がレチクルステージ 2 を温度制御対象とし、第 1、第 2 制御系 6 1、6 2 とは独立して設けられた第 3 制御系 8 6 による循環系 C 6 がウエハステージ 5 を温度制御対象としている。なお、図 8 では、図 4 で示した蒸発器 6 5、ヒータ 7 1 と同等の機能を有するものを温度調節器 8 7 として簡略化してある。同様に、図 4 で示した熱交換器 7 0、ヒータ 7 5、7 8 と同等の機能を有するものを温度調節器 8 8、8 9 として簡略的に図示している。また、図 4 ではステージ 2、5 に対してそれぞれ 2 つの温度センサ 7 6 a、7 6 b 及び 7 9 a、7 9 b を配置したが、図 8 では代表的に温度センサ 7 6、7 9 として図示している。

この温度センサ 7 6、7 9 に関しては、上記第 1 の実施形態のように、第 2 制御系 6 2、第 3 制御系 8 6 それぞれが制御する複数のモータのうち、最も発熱量の大きいモータを各制御系毎にそれぞれ選定し、その選定された各モータに対して温度センサをそれぞれ設置（各モータの入口側と出口側の 2 カ所に）し、この温度センサに基づいて上記第 1 の実施形態で述べたのと同様な冷媒の温度制御を行うようにしてもよい。

また、上記第 1 の実施形態の変形例として記載したように、第 2 制御系 6 2 が温度制御する複数のモータ、及び第 3 制御系 8 6 が温度制御する複数のモータのそれぞれに対して、出口側に温度センサを設置し（入口側温度センサは、各制御系ともに代表的なモータ 1 つに対してのみ設置）、この出口側温度を一定値に制御するように（第 2 制御系はレチクルステージ 2 に設けられた各モータを循環す

る冷媒の出口側温度を一定値にするように、第3制御系86はウエハステージ5に設けられた各モータを循環する冷媒の出口側温度を一定値にするように、各モータに流す冷媒の流量をそれぞれのバルブで調整するようにしてもよい。

本実施の形態では、第1制御系61において、投影光学系PLを循環する冷媒温度を第3検出手段である温度センサ69が検出し、コントローラ67がこの検出結果に基づいて冷媒の循環条件（第3循環条件）を設定し、温度調節器87の駆動を制御することで、投影光学系PLの温度を $\pm 0.01^{\circ}\text{C}$ の範囲で管理する。また、第2制御系62において、レチクルステージ2を循環する冷媒温度を温度センサ76が検出し、コントローラ77がこの検出結果に基づいて温度調節器88の駆動を制御することで、レチクルステージ2の温度を $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ の範囲で管理する。同様に、第3制御系86において、ウエハステージ5を循環する冷媒温度を温度センサ79が検出し、コントローラ90がこの検出結果に基づいて温度調節器89の駆動を制御することで、ウエハステージ5の温度を $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ の範囲で管理する。

このように、本実施の形態では、上記第1の実施形態と同様の作用・効果が得られることに加えて、制御系61、62、86でそれぞれ独立して投影光学系PL、レチクルステージ2、ウエハステージ5を温度制御するので、各制御対象毎の発熱量に応じてより高精度な温度管理を実施することが可能になる。

図9に、本発明に係る露光装置の第3の実施形態を示す。

本実施の形態では、第1制御系61が投影光学系PLとウエハステージ5とを温度制御対象とし、第2制御系62がレチクルステージ2を温度制御対象としている。第1制御系61では、投影光学系PL及びアライメント系ALを循環する循環系C1とウエハステージ5を循環する循環系C6とが一基の温度調節器87で温度制御される。この温度制御は、投影光学系PLを循環する冷媒温度を温度センサ69で検出し、検出した結果に基づいてコントローラ67が温度調節器87の駆動を制御することで実施される。この場合、ウエハステージ5は、投影光学系PLと同様に、 $\pm 0.01^{\circ}\text{C}$ の範囲で温度制御されることになる。なお、第2制御系62では、レチクルステージ2が第1制御系61と独立して単体で、 \pm

0. 1℃の範囲で温度制御されることになる。

本実施の形態でも、発熱量が最も大きいレチクルステージ2を発熱量が比較的小さい投影光学系PL、ウェハステージ5と独立して個別に温度制御することが可能であり、各機器の発熱量に応じた最適な冷却条件を設定できる。しかも、第2の実施形態と比較して、第1制御系61で2つの循環系C1、C6の冷媒温度を制御できるので、装置構成を簡素化することができる。

図10は、本発明の露光装置の第4の実施形態を示す図である。なお、この図では、レチクルステージ2に係る温度制御系のみを図示している。

この図に示すように、第2制御系62には、図8、図9に示した温度センサ76、コントローラ77、温度調節器88を含む実施形態に対して、温度センサ91、92と第2調節器としてのペルチェ素子93とが付設されている。ペルチェ素子93は、温度調節器88よりもレチクルステージ2の近傍に配置されており、コントローラ77によりその駆動を制御される。温度センサ91はペルチェ素子93の上流側に、温度センサ92はペルチェ素子93の下流側にそれぞれ配置されており、各温度センサ91、92が検出した冷媒温度はコントローラ77に出力される。コントローラ77は、温度センサ76の温度検出結果に基づいて温度調節器88の駆動を制御するとともに、温度センサ91、92の温度検出結果に基づいてペルチェ素子93の駆動を制御する。他の構成は、上記第2、第3の実施形態と同様である。

上記の構成では、コントローラ77は、温度調節器88を制御することにより、循環系C5の冷媒温度を所定温度よりも低い温度に過冷却する。そして、コントローラ77は、温度センサ91、92が検出した冷媒温度に基づいてペルチェ素子93に通電することで、冷媒を所定温度に上昇させる。

本実施の形態では、レチクルステージ2を駆動する際に急激な温度上昇が生じても、過冷却された冷媒を循環させることで所定温度に温度制御することが可能であり、機器の急激な温度変化に対しても容易に対応することができる。なお、冷媒を温度調節器88で過冷却し、ペルチェ素子93で加熱する構成に限られず、温度調節器88で過加熱し、ペルチェ素子93で冷却する構成としてもよい。ま

た、過冷却された冷媒を加熱する場合には、ペルチェ素子 9 3 の代わりにヒータを用いてもよい。

続いて、本発明の露光装置の第 5 の実施形態について説明する。

例えば図 9 に示した第 3 の実施形態では、第 1 制御系 6 1 において温度センサ 6 9 の検出結果に基づきコントローラ 6 7 が温度調節器 8 7 の駆動を制御し、第 2 制御系 6 2 において温度センサ 7 6 の検出結果に基づきコントローラ 7 7 が温度調節器 8 8 の駆動を制御する構成としたが、本実施形態では、これらの温度センサ 6 9、7 6 を設けずに、露光処理に係るデータ（露光レシピ）に基づいて、コントローラ 6 7 がウエハステージ 5 の駆動に伴い発生する熱量を算出し、算出した熱量に基づいて冷媒温度を設定することで温度調節器 8 7 の駆動を制御する。同様に、第 2 制御系 6 2 では、露光データに基づいて、コントローラ 7 7 がレチクルステージ 2 の駆動に伴い発生する熱量を算出し、算出した熱量に基づいて冷媒温度を設定することで温度調節器 8 8 の駆動を制御する。

具体的な制御方法としては、例えばオペレータ（ユーザー）が O A パネル上でプロセスプログラムを選択し、選択したプロセス情報と露光データに登録されている情報とから、計算回路上でモータ駆動に掛かる電力量及び発熱量を算出し、温度調節器 8 7、8 8 の駆動を制御する。

本実施の形態では、温度センサ等の温度検出手段を設ける必要がなくなるので、装置の小型化及び低価格化に寄与することができる。なお、各モータ毎にモータに付与される駆動電圧と発熱量（温度変化量）との比を求め、駆動電圧との比に応じた流量調節を行うものとしてもよい。

なお、上記各実施の形態では、冷媒流量を調整することで制御対象の温度制御を行う構成としたが、これに限定されるものではなく、冷媒の温度、流速、流量のうちの少なくとも 1 つを含めばよい。また、上記実施の形態では、温度調節器や冷媒駆動用のポンプを一部共用する構成としたが、制御対象（循環系）毎にそれぞれ分離したり、全ての循環系で共用する等、種々の構成を採用可能である。例えば冷却器とヒータとが双方設けられる場合は、ヒータを共用にして冷却器を制御対象毎に設けてもよい。この場合、最終的な温度調節は冷却器で行われるこ

となる。

また、上記各実施の形態では、ステージ 2、5 を循環させる前の冷媒温度と循環させた後の冷媒温度とを単純平均する構成としたが、重み付け平均としてもよい。重み付け平均する方法としては以下の方式を採用可能である。(1) モータ等の熱源から入口側温度センサの設置位置までの距離と、熱源から出口側温度センサの設置位置までの距離とが異なる場合には、距離が近い温度センサほどその検出結果の重みが大きくなる等、距離に応じた重み付けを行う。(2) モータ等の熱源の入口近傍を構成する材料が出口近傍を構成する材料と異なる場合には、熱伝導率等、その材料の材質に応じて重み付けする(吸熱される割合が大きい(熱伝導率が大きい)材料ほど重みを大きくする)。(3) 入口近傍または出口近傍に別の熱源が存在する場合には、その別熱源の有無や発熱量に応じた重み付けを行う。例えば、流路上に別熱源が存在する場合には、別熱源に近い側の温度センサ出力の重みを大きくする。また、流路外に別熱源が存在する場合には、別熱源の発熱が空気を介して温度センサに伝達されるため、別熱源に近い側の温度センサ出力の重みを大きくする。(4) ベースライン計測時に、入口側温度センサの検出温度、出口側温度センサの検出温度、冷媒の制御温度(単純平均で算出された制御温度)と計測されたベースライン量(またはベースライン量の変動量)とを組で記憶し、この記憶動作をベースライン計測毎に繰り返す。そして、蓄積された複数のデータ組に基づいて、入口側温度と出口側温度とのいずれに、どの程度重みを持たせればベースライン変動が小さくなるかを推定演算する。そして、推定された重みに基づいて重み付け平均を行う。

また、上記各実施の形態では、同一種類の冷媒(HFE)を用いる構成としたが、各循環系に要求される温度制御精度や設置環境に応じて、各循環系毎に異なる冷媒を用いてもよい。

なお、上記各実施の形態では、1つの温度制御対象(モータ等)に対して1方向に循環する冷媒で温度制御するように構成したが、本発明はこれに限られず、複数の方向に循環する冷媒を用いて温調するように構成してもよい。

例えば、図 11 (A) に示すように、制御対象 21 (ここでは一例として Y リ

ニアモータ 15 の可動子 21 を用いて説明する) に対して、2 つの循環方向の異なる循環系 C 7 a、C 7 b を配管し、その各循環系 C 7 a、C 7 b に互いに逆方向から冷媒を循環させるようにする (2 つの循環系間での、冷媒の入口側と出口側とを逆にする)。このように構成することで、循環系が 1 つしか設けられていない場合に制御対象 21 に生じる (1 つの循環系の入口側と出口側との間で生じる) 虞のある温度勾配をなくすことができ、より高精度、且つ正確な温調を行うことができる。

また、図 11 (B) や図 11 (C) に示すように、温調部 (流路、配管) を細分化して、制御対象を温調することで、制御対象上での温度勾配が無い状態とすることもできる。図 11 (B) では、図示の如く制御対象 21 に対して 3 つの異なる循環系 (流路、配管) C 7 c、C 7 d、C 7 e を配設し、それぞれの循環系に図中の矢印の方向に冷媒を循環させている。また、図 11 (C) では、図示の如く、制御対象 21 に対して 4 つの異なる循環系 (流路、配管) C 7 f、C 7 g、C 7 h、C 7 i を配設し、それぞれの循環系に図中の矢印の方向に冷媒を循環させている。このように細分化した温調を行う構成とすることでも、制御対象上の温度勾配を無くすことができる。

なお、図 11 (B) の循環系 C 7 c と C 7 e、或いは図 11 (C) の循環系 C 7 f と C 7 h、或いは C 7 g と C 7 i のように、対向配置された循環系においては、冷媒の循環方向を図示の如く逆方向にすることが、温度勾配を無くす観点から望ましい。

なお、この図 11 (A) ~ (C) の例では、各循環系 C 7 a ~ C 7 i のそれぞれの入口側と出口側に温度センサ 76 a、76 b を設ける構成としたが、ある 1 つの循環系のみに対して温度センサを設けるようにしてもよいし、或いは各循環系の出口側だけに温度センサを設けるようにしてもよい。これら温度センサの使用方法は、上述の各実施の形態と同様である。

この図 11 (A) ~ (C) に示した構成は、制御対象が大きい (長い) 場合や、制御対象の発熱量 (駆動量) が大きい場合に、特に有効である。このような制御対象としては、一例として、レチクル粗動ステージ 16 の Y リニアモータ 15

(スキャン方向に駆動するモータ)の可動子21や、Y方向に長く延在する固定子20、或いはウエハステージのリニアモータ33の可動子36や固定子37などが考えられる。また、図11(A)～(C)に示した構成は、特に温度勾配が無い状態が要求される箇所の制御対象に対しても有効である。このような制御対象としては、一例としてウエハやレチクルの近くに配置されている駆動源(例えばボイスコイルモータ81～83や、レチクル微動ステージのYボイスコイルモータ17Yなど)が考えられる。図11の構成の適用箇所としては、ここに記載した箇所に限られるものではなく、温度勾配の無い状況が望まれる箇所に、図11に示した構成を採用すればよい。

なお、本実施の形態の基板としては、半導体デバイス用の半導体ウエハWのみならず、液晶ディスプレイデバイス用のガラス基板や、薄膜磁気ヘッド用のセラミックウエハ、あるいは露光装置で用いられるマスクまたはレチクルの原版(合成石英、シリコンウエハ)等が適用される。

露光装置1としては、レチクルRとウエハWとを同期移動してレチクルRのパターンを走査露光するステップ・アンド・スキャン方式の走査型露光装置(スキヤニング・ステッパー; USP5,473,410)の他に、レチクルRとウエハWとを静止した状態でレチクルRのパターンを露光し、ウエハWを順次ステップ移動させるステップ・アンド・リピート方式の投影露光装置(ステッパー)にも適用することができる。

露光装置1の種類としては、ウエハWに半導体デバイスパターンを露光する半導体デバイス製造用の露光装置に限られず、液晶表示素子製造用の露光装置や、薄膜磁気ヘッド、撮像素子(CCD)あるいはレチクルなどを製造するための露光装置などにも広く適用できる。

また、露光用照明光の光源として、超高圧水銀ランプから発生する輝線(g線(436nm)、h線(404.7nm)、i線(365nm))、KrFエキシマレーザ(248nm)、ArFエキシマレーザ(193nm)、F₂レーザ(157nm)のみならず、X線や電子線などの荷電粒子線を用いることができる。例えば、電子線を用いる場合には電子銃として、熱電子放射型のランタンへ

キサボライト (LaB₆)、タンタル (Ta) を用いることができる。さらに、電子線を用いる場合は、レチクルRを用いる構成としてもよいし、レチクルRを用いずに直接ウエハ上にパターンを形成する構成としてもよい。また、YAGレーザーや半導体レーザー等の高周波などを用いてもよい。

投影光学系PLの倍率は、縮小系のみならず等倍系および拡大系のいずれでもよい。また、投影光学系PLとしては、エキシマレーザーなどの遠紫外線を用いる場合は硝材として石英や蛍石などの遠紫外線を透過する材料を用い、F₂レーザーやX線を用いる場合は反射屈折系または屈折系の光学系にし（レチクルRも反射型タイプのものを用いる）、また電子線を用いる場合には光学系として電子レンズおよび偏向器からなる電子光学系を用いればよい。なお、電子線が通過する光路は、真空状態にすることはいうまでもない。また、投影光学系PLを用いることなく、レチクルRとウエハWとを密接させてレチクルRのパターンを露光するプロキシミティ露光装置にも適用可能である。

ウエハステージ5やレチクルステージ2にリニアモータ (USP5, 623, 853またはUSP5, 528, 118参照) を用いる場合は、エアベアリングを用いたエア浮上型およびローレンツ力またはリアクタンス力を用いた磁気浮上型のどちらを用いてもよい。また、各ステージ2、5は、ガイドに沿って移動するタイプでもよく、ガイドを設けないガイドレスタイプであってもよい。

各ステージ2、5の駆動機構としては、二次元に磁石を配置した磁石ユニット（永久磁石）と、二次元にコイルを配置した電機子ユニットとを対向させ電磁力により各ステージ2、5を駆動する平面モータを用いてもよい。この場合、磁石ユニットと電機子ユニットとのいずれか一方をステージ2、5に接続し、磁石ユニットと電機子ユニットとの他方をステージ2、5の移動面側（ベース）に設ければよい。

以上のように、本願実施形態の露光装置1は、本願特許請求の範囲に挙げられた各構成要素を含む各種サブシステムを、所定の機械的精度、電気的精度、光学的精度を保つように、組み立てることで製造される。これら各種精度を確保するために、この組み立ての前後には、各種光学系については光学的精度を達成する

ための調整、各種機械系については機械的精度を達成するための調整、各種電気系については電氣的精度を達成するための調整が行われる。各種サブシステムから露光装置への組み立て工程は、各種サブシステム相互の、機械的接続、電気回路の配線接続、気圧回路の配管接続等が含まれる。この各種サブシステムから露光装置への組み立て工程の前に、各サブシステム個々の組み立て工程があることはいうまでもない。各種サブシステムの露光装置への組み立て工程が終了したら、総合調整が行われ、露光装置全体としての各種精度が確保される。なお、露光装置の製造は温度およびクリーン度等が管理されたクリーンルームで行うことが望ましい。

産業上の利用可能性

以上説明したように、本発明では、要求される温度制御精度が異なる機器に対しても、それぞれ独立して温度を制御・管理することが可能であり、各機器の発熱量に応じた最適な冷却条件を設定できるため、温度制御がされないことに起因するベースライン変動を抑制して重ね合わせ精度の悪化を抑えることが可能になる。また、本発明では、装置の小型化及び低価格化に寄与できるという効果を奏する。

請求の範囲

1. レチクルステージ上に保持されたレチクルのパターン像を、基板ステージ上に保持された基板上に投影光学系を介して投影する露光装置であって、

第1液体の温度を設定するとともに、該温度設定した前記第1液体を前記投影光学系と前記基板ステージとの少なくとも一方の物体に対して循環させて、前記物体の温度を制御する第1制御系と、

第2液体の温度を前記第1制御系とは独立に設定し、該温度設定した前記第2液体を前記レチクルステージに対して循環させて、前記レチクルステージの温度を制御する第2制御系とを有し、

前記液体の温度を設定する際の温度範囲の大きさの点において、前記第1、第2制御系は互いに異なる設定能力を持つ。

2. 請求項1に記載の露光装置であって、

前記物体は、前記基板ステージであり、

前記第1制御系は、前記基板ステージの駆動に伴い発生する熱量を算出するとともに、該算出した熱量に基づいて前記第1液体の温度を設定し、

前記第2制御系は、前記レチクルステージの駆動に伴い発生する熱量を算出するとともに、該算出した熱量に基づいて前記第2液体の温度を設定する。

3. 請求項1または2に記載の露光装置であって、

前記物体に循環させる前の前記第1液体の温度と、前記物体を循環させた後の前記第1液体の温度とをそれぞれ検出する第1検出手段と、

前記レチクルステージに循環させる前の前記第2液体の温度と、前記レチクルステージを循環させた後の前記第2液体の温度とをそれぞれ検出する第2検出手段と、を有し、

前記第1制御系は、前記第1検出手段の検出結果に基づいて前記第1液体の温度を設定し、

前記第2制御系は、前記第2検出手段の検出結果に基づいて前記第2液体の温度を設定する。

4. 請求項1から3の何れか一項に記載の露光装置であって、

前記レチクルステージは複数の駆動源を備えており、

前記第2制御系は、前記レチクルステージ上の複数の駆動源のうち、発熱量の最も大きな所定の駆動源における発熱量に関する情報に基づいて、前記第2液体の温度を設定する。

5. 請求項4に記載の露光装置であって、

前記第2制御系は、前記温度設定した第2液体を、前記複数の駆動源の各々に対して循環させる複数の分岐流路と、

前記複数の分岐流路上の、前記第2液体が前記複数の駆動源の各々に供給される前の位置に設置されるとともに、前記各駆動源に供給される前記第2液体の流量を調節する複数の調節手段と、を含む。

6. 請求項5に記載の露光装置であって、

前記第2制御系は、前記複数の駆動源の間における発熱量の比を算出する算出手段を更に有し、

前記複数の調節手段は、前記算出された発熱量の比に応じて、前記複数の駆動源に対してそれぞれ循環させる前記第2液体の流量をそれぞれ調節する。

7. 請求項4から6の何れか一項に記載の露光装置であって、

前記所定の駆動源の近傍に設けられ、前記所定の駆動源に対して循環させる前の前記第2液体の温度を検出する第1温度検出手段と、

前記所定の駆動源の近傍に設けられ、前記所定の駆動源を循環した後の前記第2液体の温度を検出する第2温度検出手段とを有し、

前記第2制御系は、前記第1及び第2温度検出手段の検出結果に基づいて、前

記第 2 液体の温度を設定する。

8. 請求項 1 から 7 の何れか一項に記載の露光装置であって、

前記第 1 制御系は、少なくとも前記投影光学系を制御対象としており、

第 3 液体の温度を前記第 1、第 2 制御系とは独立に設定し、該温度設定した前記第 3 液体を前記基板ステージに対して循環させて、前記基板ステージの温度を制御する第 3 制御系を更に有する。

9. 請求項 1 から 7 の何れか一項に記載の露光装置であって、前記第 1 制御系は、前記投影光学系と前記基板ステージとの両方を制御対象とする。

10. レチクルステージ上に保持されたレチクルのパターン像を、基板ステージ上に保持された基板上に投影光学系を介して投影する露光装置であって、

前記投影光学系と前記基板ステージとのうちの少なくとも一方の物体に対して第 1 液体を循環させる際の第 1 循環条件を設定するとともに、前記第 1 循環条件の下で前記第 1 液体を循環させて、前記物体の温度を制御する第 1 制御系と、

前記レチクルステージに対して第 2 の液体を循環させる際の第 2 循環条件を、前記第 1 循環条件とは独立して設定するとともに、前記第 2 循環条件の下で前記第 2 の液体を循環させて、前記レチクルステージの温度を制御する第 2 制御系と、

前記物体に循環させる前の前記第 1 液体の温度と、前記物体を循環させた後の前記第 1 液体の温度とをそれぞれ検出する第 1 検出手段と、

前記レチクルステージに循環させる前の前記第 2 液体の温度と、前記レチクルステージを循環させた後の前記第 2 液体の温度とをそれぞれ検出する第 2 検出手段とを有し、

前記第 1 制御系は、前記第 1 検出手段の検出結果に基づいて前記第 1 循環条件を設定し、

前記第 2 制御系は、前記第 2 検出手段の検出結果に基づいて前記第 2 循環条件を設定する。

1 1. 請求項 1 0 に記載の露光装置であって、

前記第 1 循環条件は、前記物体に前記第 1 液体を循環させる前に設定される前記第 1 液体の温度、流速、流量のうちの少なくとも 1 つを含み、

前記第 2 循環条件は、前記レチクルステージに前記第 2 液体を循環させる前に設定される前記第 2 液体の温度、流速、流量のうちの少なくとも 1 つを含む。

1 2. 請求項 1 0 または 1 1 に記載の露光装置であって、

前記レチクルステージは複数の駆動源を備えており、

前記第 2 検出手段は、前記レチクルステージ上の複数の駆動源のうち、発熱量の最も大きな所定の駆動源の近傍に設けられ、前記所定の駆動源に対して循環させる前の前記第 2 液体の温度を検出する第 1 センサと、前記所定の駆動源の近傍に設けられ、前記所定の駆動源に対して循環させた後の前記第 2 液体の温度を検出する第 2 センサと、を含む。

1 3. 請求項 1 2 に記載の露光装置であって、

前記第 2 制御系は、前記温度設定した第 2 液体を前記複数の駆動源の各々に対して循環させる複数の分岐流路と、

前記複数の分岐流路上の、前記第 2 液体が前記複数の駆動源の各々に供給される前の位置に設置されるとともに、前記各駆動源に供給される前記第 2 液体の流量を調節する複数の調節手段と、を含む。

1 4. 請求項 1 3 に記載の露光装置であって、

前記第 2 制御系は、前記複数の駆動源の間における発熱量の比を算出する算出手段を更に有し、

前記複数の調節手段は、前記算出された発熱量の比に応じて、前記複数の駆動源に対してそれぞれ循環させる前記第 2 液体の流量をそれぞれ調節する。

15. 請求項10から14の何れか一項に記載の露光装置であって、前記第1制御系は、少なくとも前記基板ステージを制御対象とし、

前記投影光学系に対して第3液体を循環させる際の第3循環条件を、前記第1及び第2制御系とは独立して設定するとともに、前記第3循環条件の下で前記第3液体を循環させて、前記投影光学系の温度を制御する第3制御系と、

前記投影光学系に循環させる前記第3液体の温度を検出する第3検出手段と、
を更に有し、

前記第3制御系は、前記第3検出手段の検出結果に基づいて前記第3循環条件を設定する。

16. レチクルステージ上に保持されたレチクルのパターン像を、基板ステージ上に保持された基板上に投影光学系を介して投影する露光装置であって、

前記レチクルステージ及び前記基板ステージは、それぞれ複数の駆動源を備え、

前記複数の駆動源及び前記投影光学系のうち、発熱量又は温度変化量が第1所定量以内のものを第1制御対象として温度制御する第1制御系と、

前記複数の駆動源及び前記投影光学系のうち、発熱量又は温度変化量が第1所定量より大きいものを第2制御対象として、前記第1制御系とは独立して温度制御する第2制御系と、を有する。

17. 請求項16に記載の露光装置であって、

前記第1制御系は、前記第1制御対象に対して第1液体を循環させる際の第1循環条件を設定するとともに、前記第1循環条件の下で前記第1液体を循環させて前記第1制御対象の温度を制御し、

前記第2制御系は、前記第2制御対象に対して第2液体を循環させる際の第2循環条件を設定するとともに、前記第2循環条件の下で前記第2液体を循環させて前記第2制御対象の温度を制御する。

18. 請求項17に記載の露光装置であって、

前記第 1 循環条件は、前記物体に前記第 1 液体を循環させる前に設定される前記第 1 液体の温度、流速、流量のうちの少なくとも 1 つを含み、

前記第 2 循環条件は、前記レチクルステージに前記第 2 液体を循環させる前に設定される前記第 2 液体の温度、流速、流量のうちの少なくとも 1 つを含む。

19. 請求項 17 または 18 に記載の露光装置であって、

前記第 1 制御対象に含まれる複数の制御対象のうち、前記発熱量又は前記温度変化量の最も大きな制御対象の近傍に設けられ、前記第 1 液体の温度を測定する第 1 検出手段と、

前記第 2 制御対象に含まれる複数の制御対象のうち、前記発熱量又は前記温度変化量の最も大きな制御対象の近傍に設けられ、前記第 2 液体の温度を測定する第 2 検出手段とを更に有し、

前記第 1、第 2 制御系はそれぞれ、前記第 1、第 2 検出手段による検出結果に基づいて、前記第 1、第 2 循環条件を設定する。

20. 請求項 16 から 19 の何れか一項に記載の露光装置であって、

前記第 1 制御対象は、前記投影光学系と、前記基板ステージに設けられた一部の駆動源とを含み、

前記第 2 制御対象は、前記レチクルステージに設けられた複数の駆動源を含む。

21. 請求項 16 から 20 の何れか一項に記載の露光装置であって、

前記第 2 制御対象は、前記レチクルステージに設けられた複数の駆動源と、前記基板ステージに設けられた複数の駆動源とを含み、

前記第 2 制御系は、前記レチクルステージに設けられた複数の駆動源の温度を管理する第 1 温度管理部と、

前記基板ステージに設けられた前記複数の駆動源の温度を、前記第 1 温度管理部とは独立して管理する第 2 温度管理部と、を含む。

22. 請求項4又は10～15又は19の何れか一項に記載の露光装置であって、

前記第1制御系は、前記制御対象に循環させる前の前記第1液体の温度と、前記制御対象を循環させた後の前記第1液体の温度との平均温度に基づいて前記設定を行い、

前記第2制御系は、前記レチクルステージに循環させる前の前記第2液体の温度と、前記レチクルステージを循環させた後の前記第2液体の温度との平均温度に基づいて前記設定を行う。

23. 請求項1から22の何れか一項に記載の露光装置であって、

前記第2制御系は、前記第2液体の温度を所定温度よりも過冷却または過加熱する第1調節器と、

前記第1調節器よりも前記レチクルステージの近傍に設置され、前記第1調節器により温度設定された前記第2液体の温度を前記所定温度に調節する第2調節器と、を含む。

24. 請求項1から23の何れか一項に記載の露光装置であって、前記温度制御に使用される各液体は、同一種類の液体である。

25. 請求項1から24の何れか一項に記載の露光装置であって、前記第1制御系と前記第2制御系との少なくとも一方は、1つの制御対象に対して前記液体を循環させる際の循環経路を複数有する。

26. 請求項25に記載の露光装置であって、

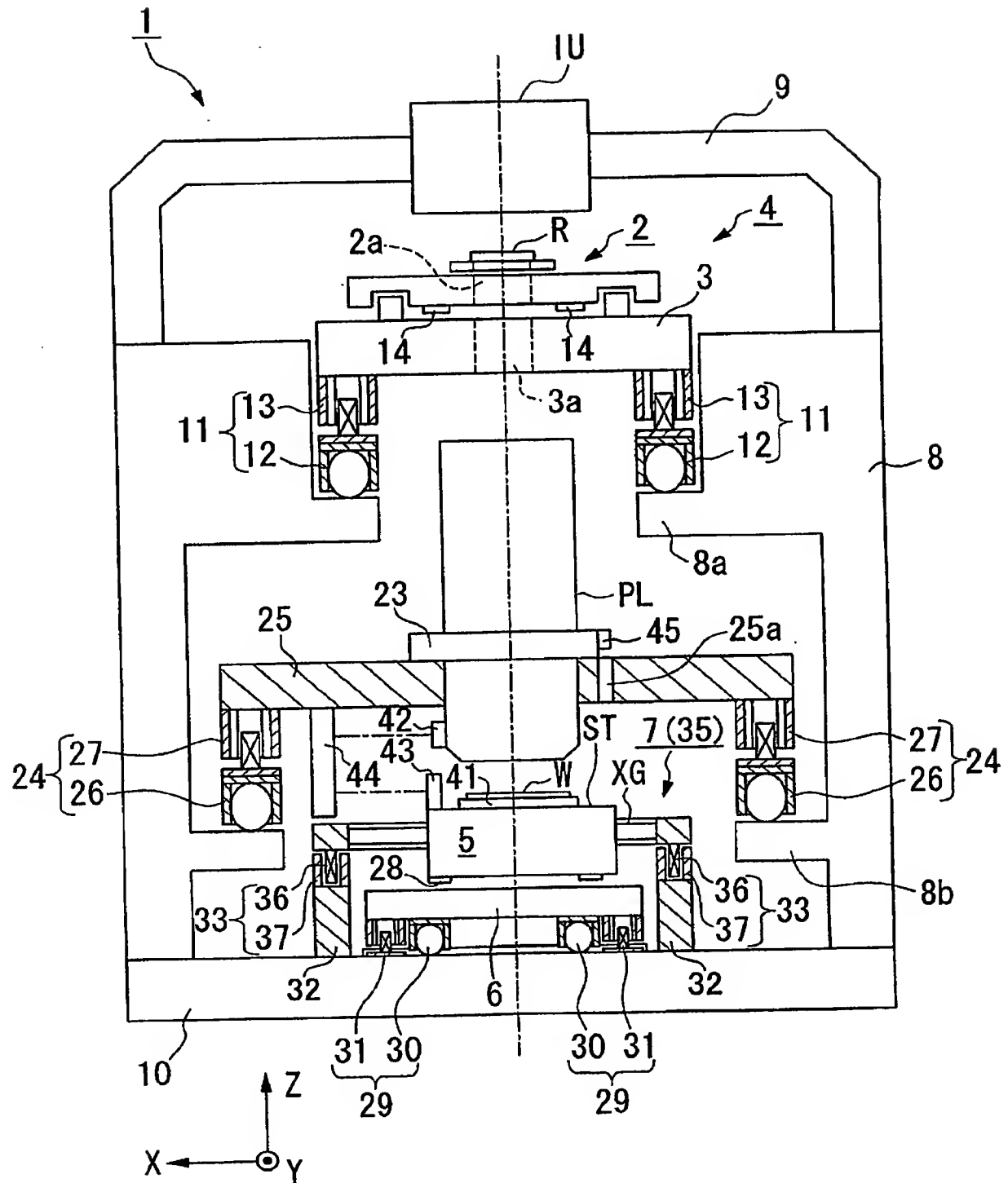
前記複数の循環経路をそれぞれ循環する冷媒の、前記制御対象に対する循環方向は、前記循環経路毎に互いに異なる。

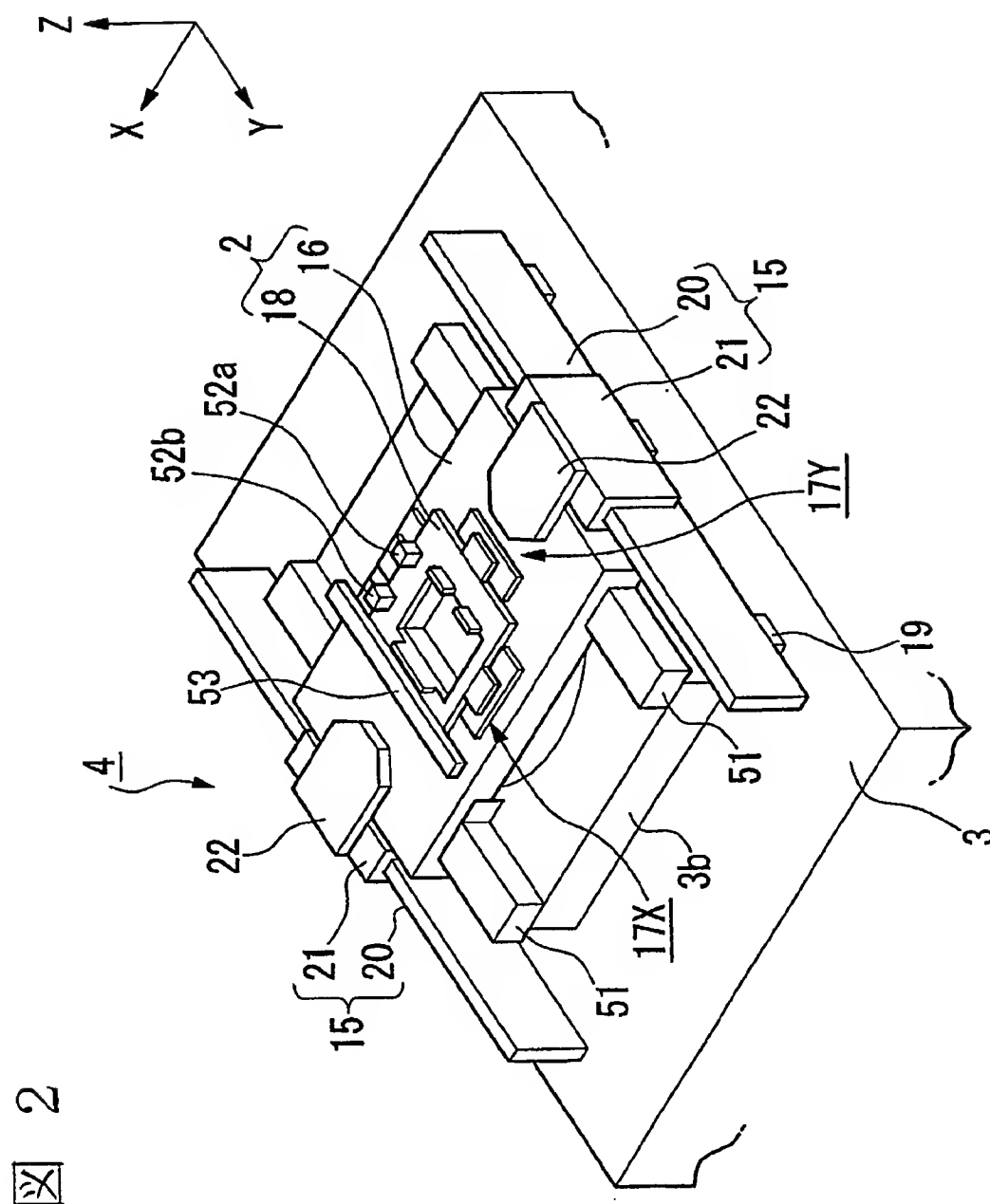
27. デバイス製造方法であって、

請求項 1 から 2 6 の何れか一項に記載の露光装置を用いて、前記レチクル上に形成されたパターンを前記基板上に転写する工程を含む。

1/10

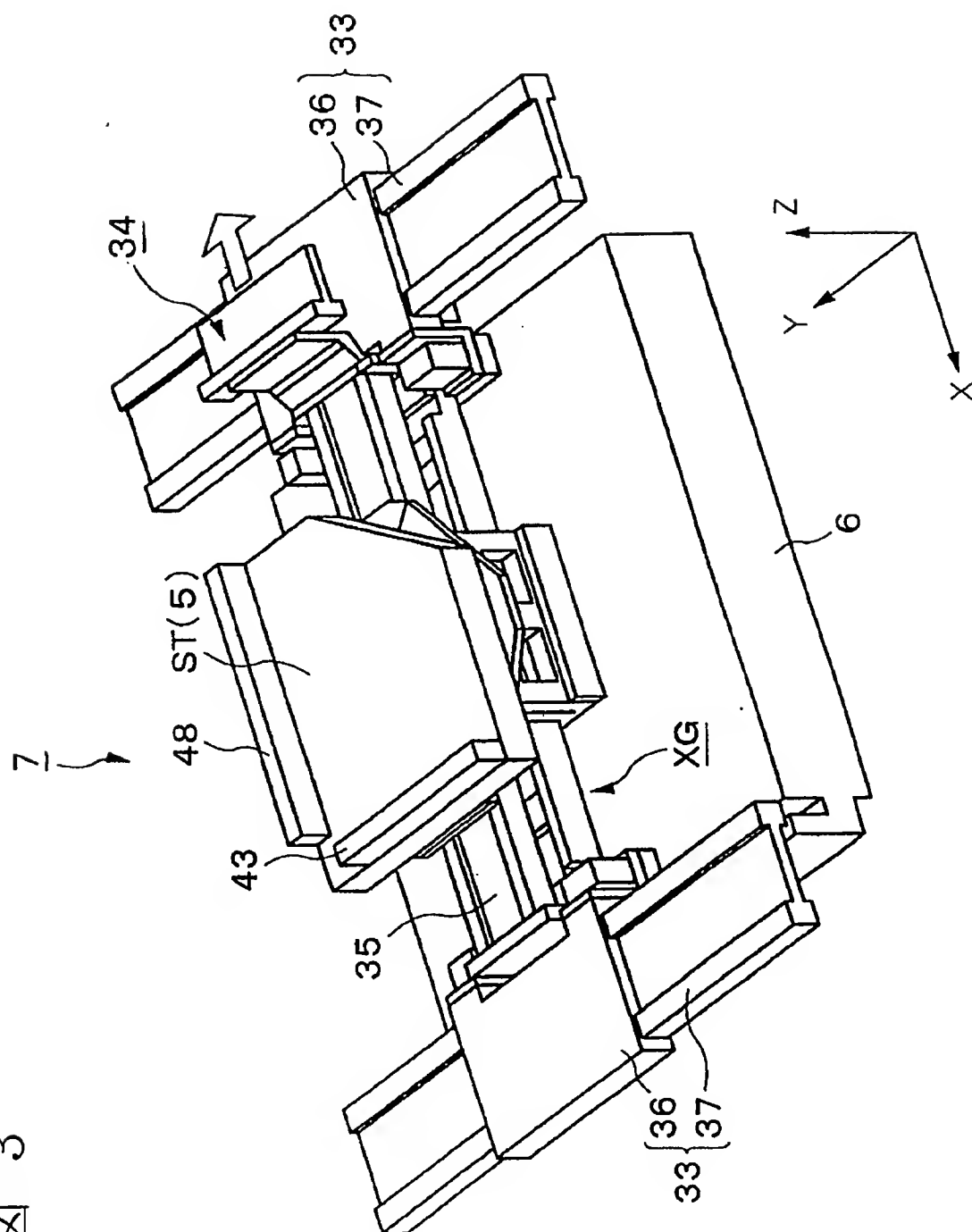
図 1





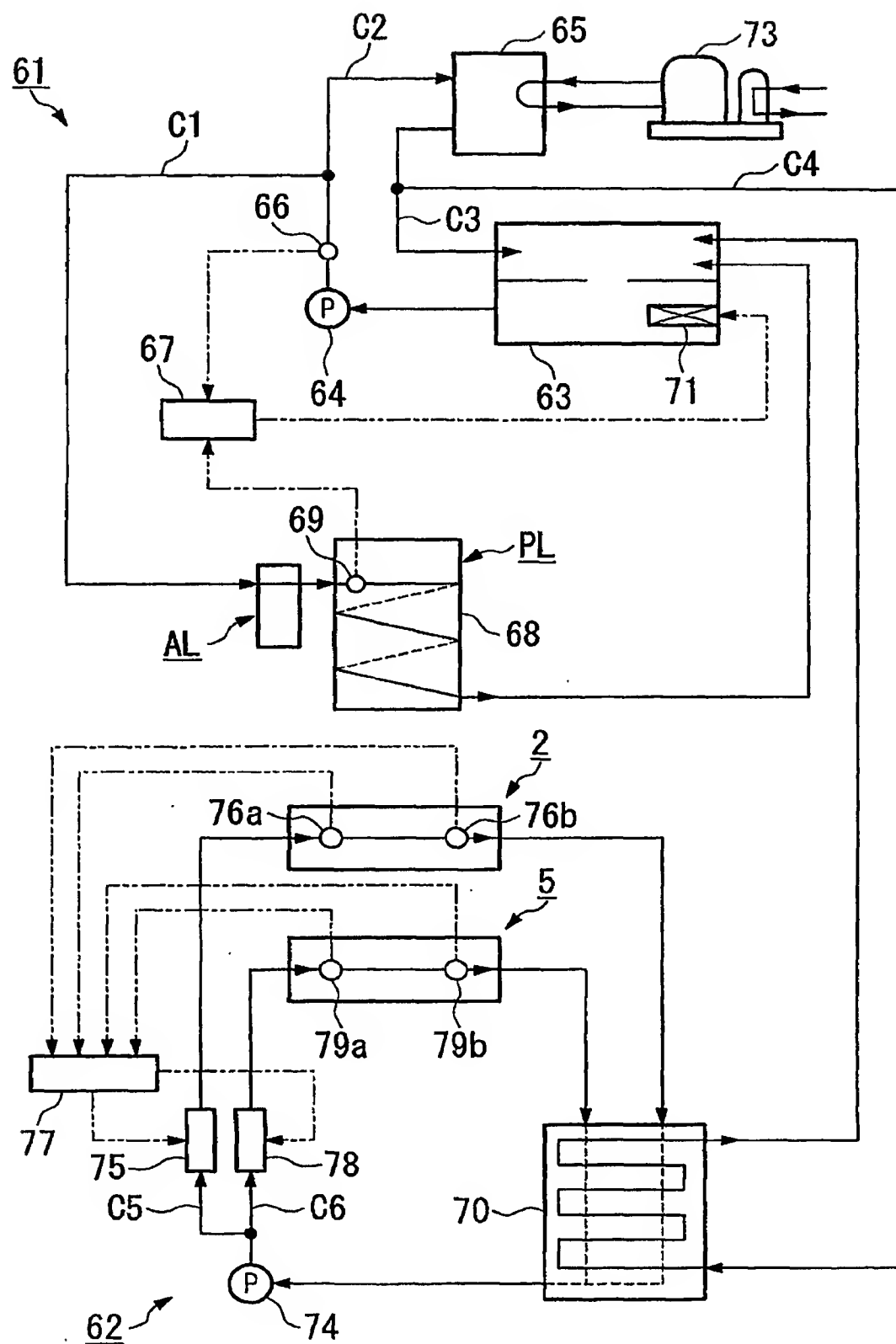
3/10

図 3



4/10

図 4



5/10

図 5

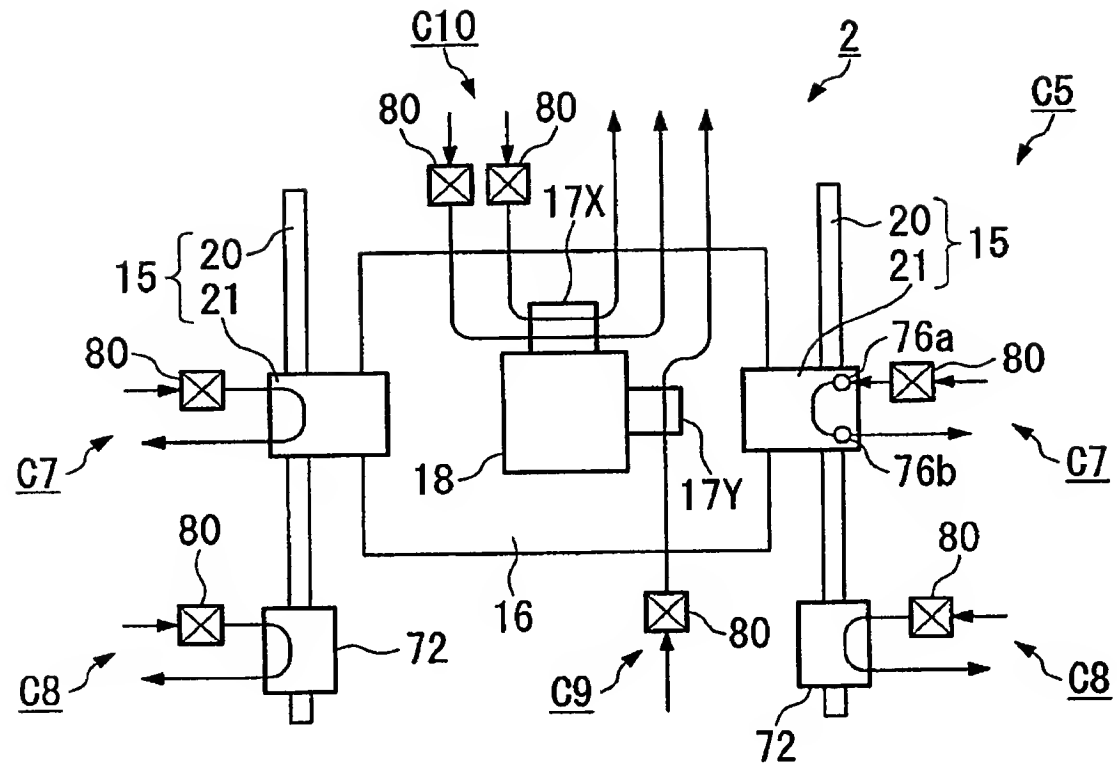
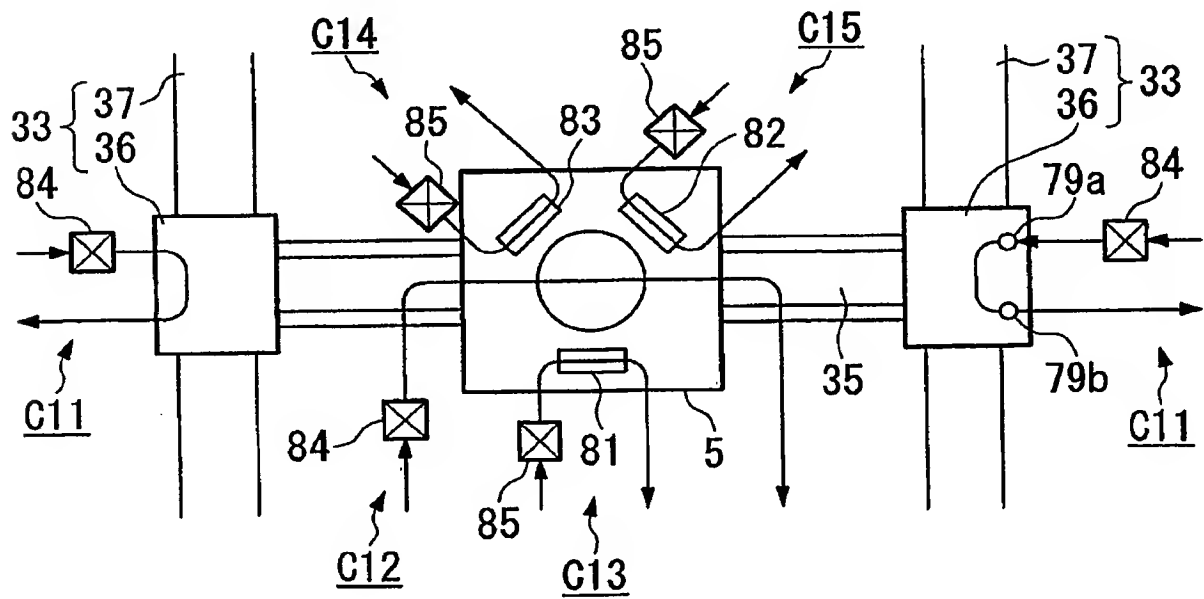
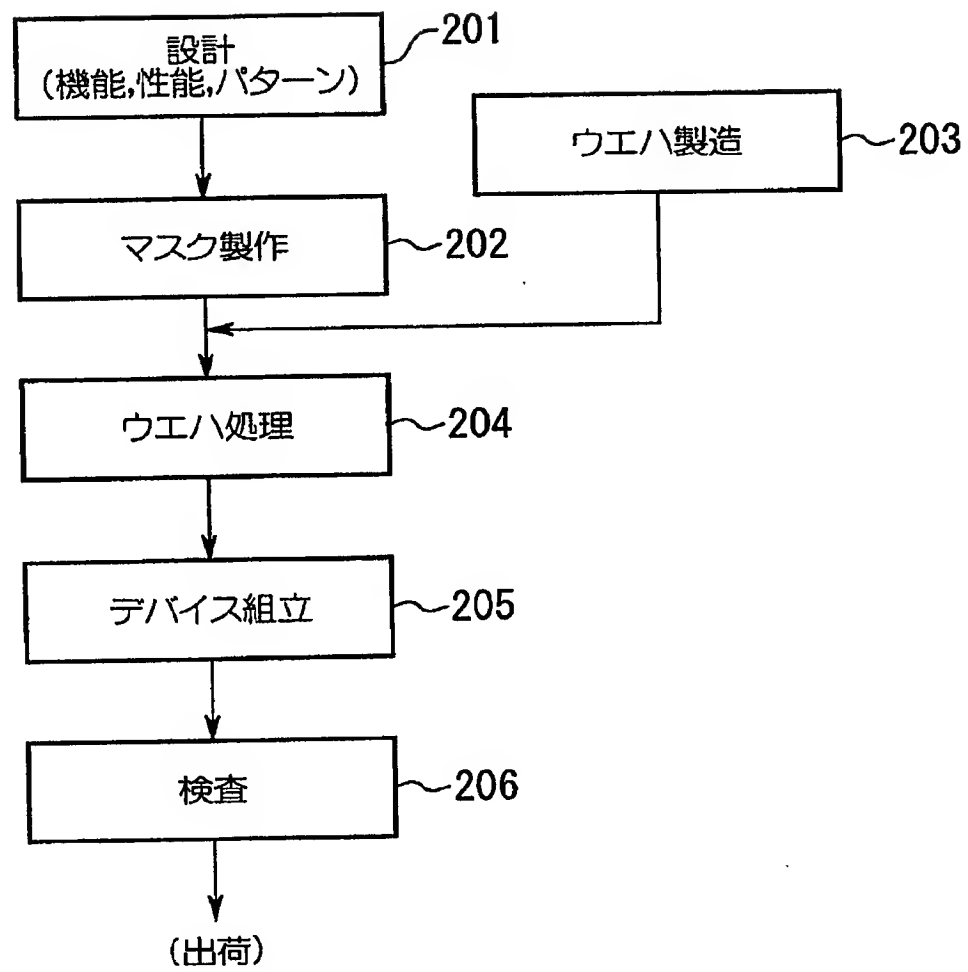


図 6



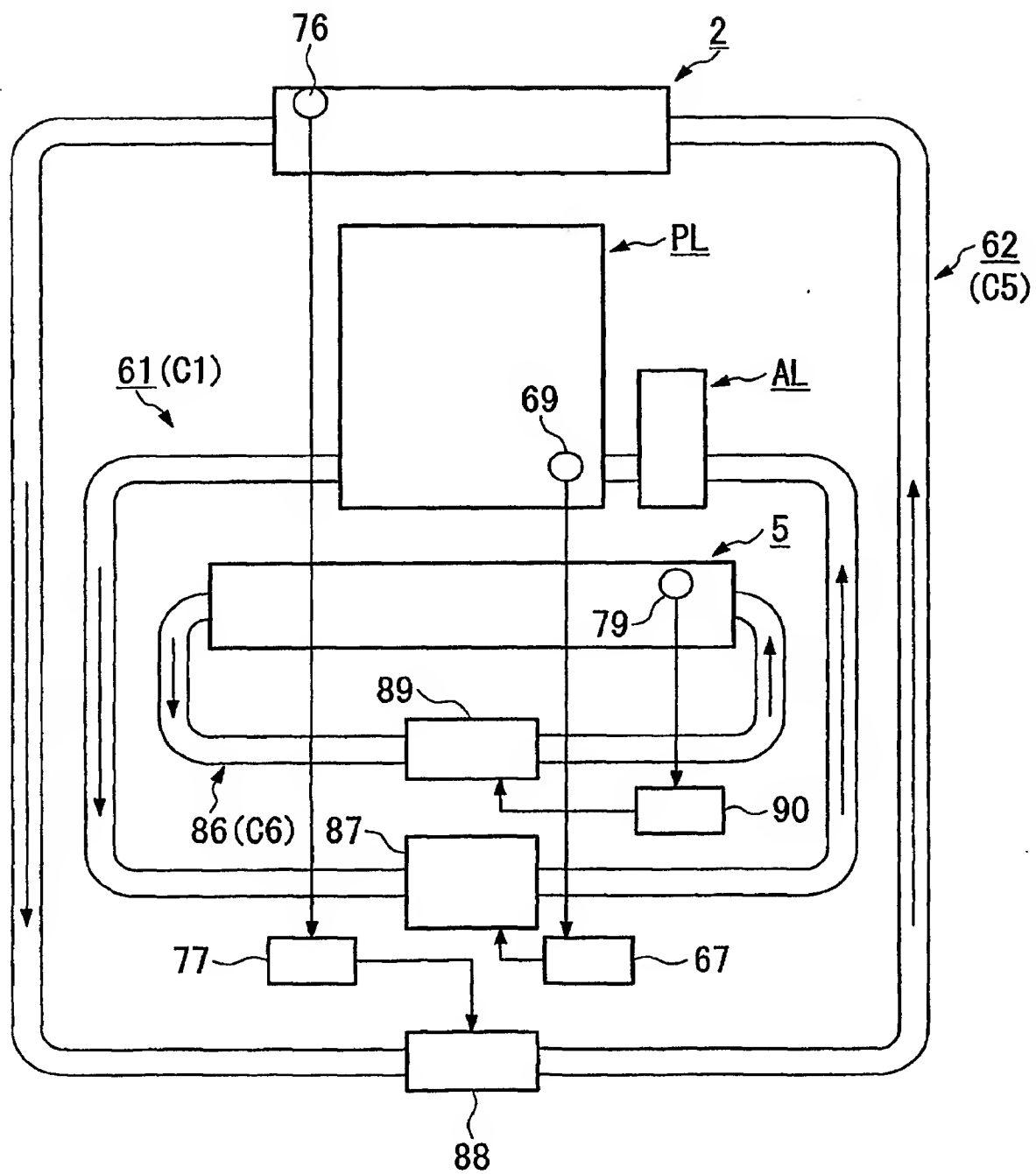
6/10

図 7



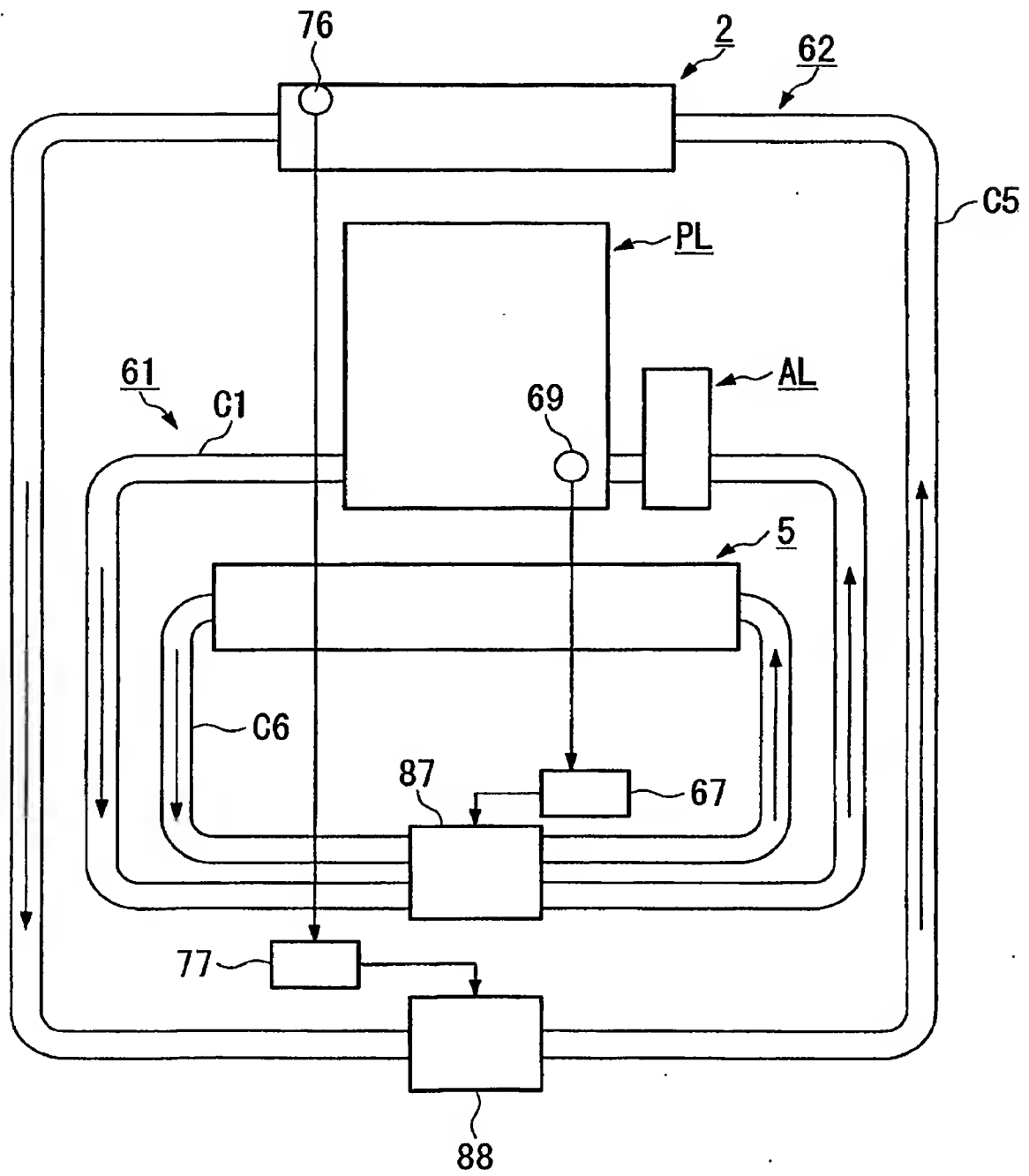
7/10

図 8



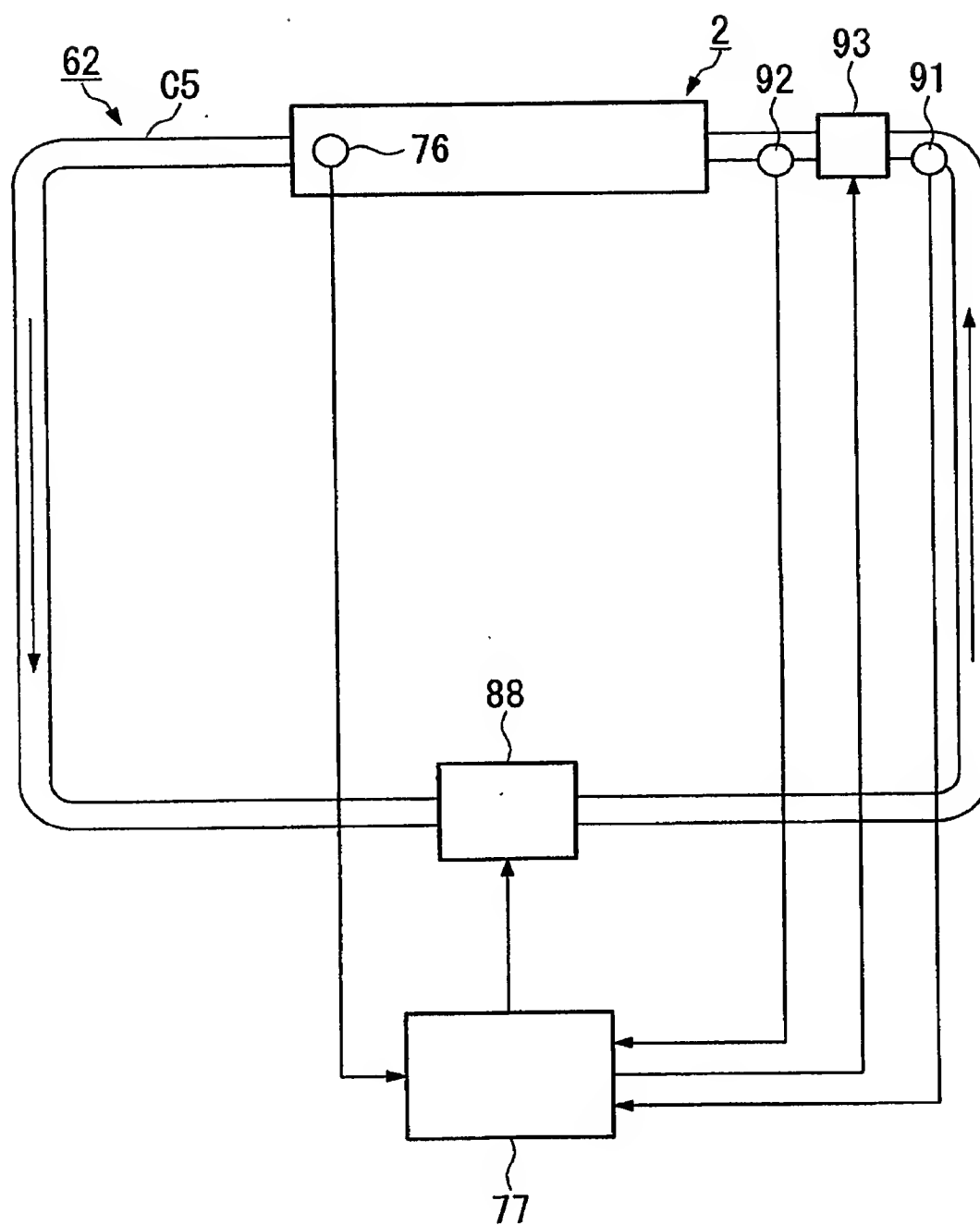
8/10

図 9



9/10

図 10



10/10

図 1 1 A

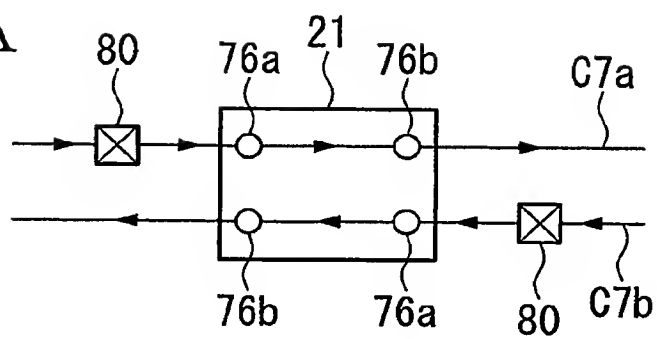


図 1 1 B

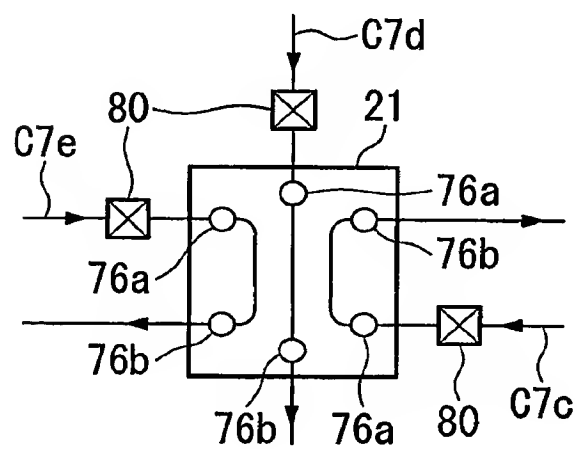
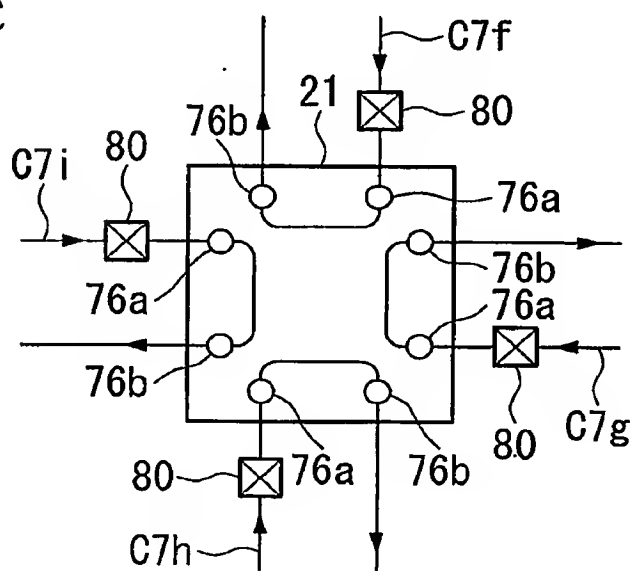


図 1 1 C



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/03003

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ H01L21/027, G03F7/22

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ H01L21/027

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2003	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 04-022118 A (Canon Kabushiki Kaisha), 27 January, 1992 (27.01.92),	1-3, 8, 9, 16-18, 23-27
Y	Full text	10, 11, 15,
A	(Family: none)	20-22 4-7, 12-14, 19
X	US 6153877 A (Oki Electric Industry Co., Ltd.), 28 November, 2000 (28.11.00),	1-3, 8, 9, 16-18, 23-27
Y	Column 8, lines 9 to 33; Fig. 24	10, 11, 15,
A	& JP 11-031647 A	20-22 4-7, 12-14, 19
Y	JP 2000-216079 A (Nikon Corp.), 04 August, 2000 (04.08.00),	10, 11, 15,
	Full text	20-22
	(Family: none)	

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
 "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier document but published on or after the international filing date
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
17 June, 2003 (17.06.03)

Date of mailing of the international search report
01 July, 2003 (01.07.03)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/03003

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 4916340 A (Canon Kabushiki Kaisha), 10 April, 1990 (10.04.90), The whole document & JP 01-195389 A	10, 11, 15, 20-22
Y A	US 6226073 B1 (Canon Kabushiki Kaisha), 01 May, 2001 (01.05.01), Column 5, lines 32 to 53; embodiment 2; Fig. 3 & JP 11-307430 A	20, 21 4-7, 12-14, 19
Y	US 5959732 A (Nikon Corp.), 28 November, 1999 (28.11.99), The whole document & JP 09-320934 A	10, 11, 15, 22

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.⁷ H01L21/027
G03F7/22

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.⁷ H01L21/027

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2003年
日本国実用新案登録公報	1996-2003年
日本国登録実用新案公報	1994-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP 04-022118 A(キヤノン株式会社) 1992. 01. 27 全文 (ファミリーなし)	1-3, 8, 9, 16-18, 23-27
Y		10, 11, 15, 20-22,
A		4-7, 12-14, 19

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

17. 06. 03

国際調査報告の発送日

01.07.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)
佐藤 秀樹

2M

3154

電話番号 03-3581-1101 内線 6480

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	US 6153877 A(Oki Electric Industry Co.Ltd.) 2000.11.28 Col8, lines9-33, Fig. 24, & JP 11-031647 A	1-3, 8, 9, 16-18, 23-27
Y		10, 11, 15, 20-22
A		4-7, 12-14, 19
Y	JP 2000-216079 A(株式会社ニコン) 2000.08.04 全文 (ファミリーなし)	10, 11, 15, 20-22
Y	US 4916340 A(Canon Kabushiki Kaisha) 1990.04.10 the whole document & JP 01-195389 A	10, 11, 15, 20-22
Y	US 6226073 B1(Canon Kabushiki Kaisha) 2001.05.01 Col.5, lines32-53, Embodiment 2, Fig.3 & JP 11-307430 A	20, 21
A		4-7, 12-14, 19
Y	US 5959732 A(Nikon Corporation) 1999.11.28 the whole document & JP 09-320934 A	10, 11, 15, 22